



TEKNIikka JA LIIKENNE

Sähkötekniikka

Sähkövoimatekniikka

INSINÖÖRITYÖ

SUUNNITTELUN LAADULLINEN VERIFIOINTI KOSKIEN SÄHKÖVERKON POIKKEAMIENTEN SIETOA

Työn tekijä: Mika Ruuskanen
Työn valvoja: lehtori Sampsa Kupari
Työn ohjaaja: insinööri Joni Kiiski

Työ hyväksytty: ____ . ____ . 2011



ALKULAUSE

Tämä insinöörityö tehtiin pääasiassa KONE Oyj:n tutkimus & tuotekehitysosaston luotettavuuslaboratorion tiloissa.

Haluan kiittää työn valvojaa Reliability Manager Joni Kiiskeä KONE Oyj:stä asiantuntevasta tuesta ja elektroniikkainsinööri Urho Honkasta KONE Oyj:stä kannustuksesta työn aikana. Lisäksi haluan kiittää niitä henkilöitä, jotka omien töidensä ohessa ehtivät avustamaan minua työn teossa.

Helsingissä 02.06.2011

Mika Ruuskanen

TIIVISTELMÄ

| | |
|--|---|
| Työn tekijä: Mika Ruuskanen | |
| Työn nimi: Suunnittelun laadullinen verifiointi koskien sähköverkon poikkeamien sietoa | |
| Päivämäärä: 02.06.2011 | Sivumäärä: 30 s. + 5 liitettä |
| Koulutusohjelma: Sähkötekniikka | Suuntautumisvaihtoehto: Sähkövoimatekniikka |
| Työn ohjaaja: Sampsa Kupari, lehtori | |
| Työn ohjaaja: Joni Kiiski, insinööri | |
| <p>Tässä insinööriytyössä on tarkasteltu olemassa olevat Power Line -testaukseen liittyvät dokumentit. Testaus on osa suunnittelun laadullista verifiointia, joka koskee sähköisiä poikkeamia asiakaskohteissa. Työ tehtiin pääasiassa KONE Oyj:n tutkimus- ja tuotekehitysosaston luotettavuuslaboratoriossa Hyvinkäällä.</p> <p>Aluksi tässä työssä on selvitetty sähkön laadun käsitettä ja sen merkitystä kuluttajille. Olennaiset termit on myös käyty lyhyesti läpi, keskittymällä häiriökeskeytyksiin, koska ne ovat yleisin sähkön toimitukseen liittyvä ongelma.</p> <p>Työn vaatimusten määrittelyn jälkeen tehtiin asiakaskohteissa kysely huonosta sähkön laadusta johtuvista ongelmista. Kysely tehtiin avoimena sähköpostikyselynä, ja se lähetettiin valituille henkilöille eri kenttäorganisaatioihin. Tämän kyselyn tuloksena suoritettiin mittauksia asiakaskohteissa ja tarkasteltiin niiden tuloksia.</p> <p>Tämän jälkeen tarkasteltiin luotettavuuslaboratorion käytössä olevaa testiohjelmaa Power Line -testauksen osalta. Sen jälkeen tehtiin uusi testiohjelma nyky vaatimusten ja kenttäpalautteen perusteella.</p> <p>Työhön liittyen tehtiin myös kartoitus saatavilla olevista 15 kVA kokoluokan AC/DC -teholähteistä, mahdollista hankintaa varten.</p> | |
| Avainsanat: hissi, sähkön laatu, Power Line -testaus | |

ABSTRACT

| | |
|---|--|
| Name: Mika Ruuskanen | |
| Title: Qualitative Verification Concerning Power Network's Tolerance Against Deviations | |
| Date: 02.06.2011 | Number of pages: 30 |
| Department: Electrical Engineering | Study Programme: Power electronics |
| Instructor: Sampsa Kupari, M.Sc. (El.Eng.) | |
| Supervisor: Joni Kiiski, B.Sc. (El.Eng.) | |
| <p>The aim of this graduate work was to review and update existing Power Line test specifications and documents. Power Line testing is one part the qualitative verification of design process concerning power network's tolerance against deviations. The work was carried out mainly in the KONE Corporation's Research and Development department in a reliability laboratory located in Hyvinkää.</p> <p>At first, the concept of power quality is clarified and the meaning of good power quality is explained from the customer's point of view. Also its terminology is explained, and the focus is on power supply interruptions because it is the most common reason at power distribution.</p> <p>After this, the graduate work's requirements were set, an Inquiry on poor power quality problems was made. The inquiries were sent globally to different persons at different organizations. Based on this query's results, some field survey was carried out.</p> <p>After this, the reliability laboratory's Power Line test specifications and documents were reviewed. And a new test plan was considered based on feedback from the field. It was also expected to meet state of art requirements. Finally, commercial 15 kVA power supplies were focused on.</p> | |
| Keywords: elevator, power quality, power line test | |

SISÄLLYS

ALKULAUSE

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

LYHENTEET JA MÄÄRITELMÄT

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | JOHDANTO | 1 |
| 2 | SÄHKÖN LAATUUN LIITTYVÄÄ TEOREETTISTA TARKASTELUA | 2 |
| 2.1 | Suomen sähköverkko | 2 |
| 2.2 | Sähkön laadulla yleisesti tarkoitetaan | 2 |
| 2.3 | Sähkön laatuun liittyvä termistö | 3 |
| 2.4 | Sähkön laadun ja jakelun luotettavuuden hallinta | 4 |
| 2.5 | Sähkön laadun mittaus | 6 |
| 2.6 | Jakelujännitteen tunnusluvut | 6 |
| 2.7 | Sähkön laadun monitorointi | 8 |
| 2.8 | Mittauksilla saavutettavat hyödyt | 8 |
| 2.9 | Huono sähkön laadun aiheuttamia ongelmia | 8 |
| 3 | KENTTÄPALAUTE | 10 |
| 3.1 | Yleistä kenttäpalautteesta | 10 |
| 3.2 | Kysely sähkön laadusta johtuvista ongelmista | 11 |
| 3.3 | Kyselytutkimuksen tulokset | 11 |
| 3.4 | Mittaukset asiakaskohteissa | 12 |
| 3.5 | Käytetty mittalaite | 12 |
| 3.6 | Mittaukset ongelmakohteessa | 15 |
| 3.7 | Yhteenvedo mittaustuloksista | 16 |
| 3.8 | Johtopäätökset mittauksista | 17 |
| 4 | HISSI SÄHKÖISTYKSILLE TEHTÄVÄT TESTIT TUOTEKEHITYKSEN AIKANA | 17 |
| 4.1 | Jännitekatkostesti | 17 |
| 4.2 | Yli- ja alijännitetestit | 20 |
| 5 | OLEMASSA OLEVAN POWER LINE -TESTISPESIFIKAATION TARKASTELU | 20 |
| 5.1 | Vanha Power Line –testiohjelma | 20 |
| 5.2 | Olosuhteet testauksen aikana | 21 |
| 5.3 | SFS-EN 50160 -standardi | 21 |
| 5.3.1 | Jännitevaihtelut | 22 |

| | | |
|------------|--|-----------|
| 5.3.2 | <i>Standardin soveltamisala</i> | 22 |
| 5.3.3 | <i>Standardin tarkoitus</i> | 23 |
| 5.4 | Vanha testausohjelma | 23 |
| 6 | UUDET TESTISPESIFIKAATIOT POWER LINE -TESTAUKSEEN | 25 |
| 6.1 | Yleistä uudesta testiohjelmasta | 25 |
| 6.2 | Uudet dokumentit | 25 |
| 6.3 | Ohjelmoitava AC -teholähde | 26 |
| 6.3.1 | <i>Teholähteet</i> | 26 |
| 6.3.2 | <i>Teholähteiden vaatimukset</i> | 26 |
| 6.4 | Saatavilla olevat teholähteet | 26 |
| 6.4.1 | <i>SMARTWAVE™-teholähde</i> | 27 |
| 6.4.2 | <i>CHROMA -teholähde</i> | 27 |
| 6.4.3 | <i>California Instruments -teholähde</i> | 27 |
| 7 | YHTEENVETO | 28 |
| | LÄHTEET | 30 |

LIITTEET

| | |
|----------|---|
| Liite 1. | Jännitekatkojan piirikaavio |
| Liite 2. | California Instruments AC/DC -teholähteen ominaisuudet |
| Liite 3. | Fluke RPM -analysaattorin ominaisuudet |
| Liite 4. | Fluke RPM -analysaattorin parametrit |
| Liite 5. | Sähkön laatuun ja sen mittaamiseen liittyviä kansainvälisiä ja eurooppalaisia standardeja ja ANSI/IEEE -standardeja |

LYHENTEET JA MÄÄRITELMÄT

LYHENTEET

| | |
|-------|--|
| DUT | <i>Device Under the Test</i> , Testattava laite |
| EBD | <i>Emergency Battery Drive</i> , Hissin varavoimakäyttölaite |
| EDMS | <i>Electronic Data Management System</i> , Tietokantajärjestelmä |
| LCE | <i>Lift Control Electrification</i> , Ohjausjärjestelmä |
| NVRAM | <i>Non-volatile random-access memory</i> , Haihtumaton muisti |
| THD | <i>Total Harmonic Distortion</i> , Kokonaissärökerroin. |
| V3F25 | KONEen taajuusmuuttaja malli |

MÄÄRITELMÄT

| | |
|------------|--|
| $\sum n_j$ | asiakkailla olleiden keskeytysten kokonaislukumäärä |
| h_{ij} | keskeytyksen kesto aika tietyllä osa-alueella |
| i | keskeytyksen lukumäärä valitulla ajanjaksolla |
| j | asiakkaiden lukumäärä lukumäärä |
| mp | muuntopiirien kokonaismäärä alueella |
| mph_i | keskeytysten vaikutusalueella olleiden muuntopiirien |
| mpk_i | keskeytyksen vaikutusalueella olleiden muuntopiirien |
| N_s | kaikkien asiakkaiden lukumäärä |
| n | keskeytyksen lukumäärä jakelualueella |
| t_{ij} | asiakkaan j sähkötön aika keskeytyksen i johdosta |
| x | kunkin keskeytyksen osa-alueiden lukumäärä yhteenlaskettu keskeytysaika |

1 JOHDANTO

KONE Oyj on yksi maailman johtavista hissi- ja liukuporrasyrityksistä. Sen tuotteita myydään maailmanlaajuisesti. Taajuusmuuttajakäytöt ovat viime vuosikymmenenä lisääntyneet selvästi myös hissikäytöissä. Tämä on tuonut haasteita myös tuotekehitysvaiheen testaukseen ja toimintavarmuuden varmistamiseen. Tässä opinnäytetyössä tarkastellaan KONE Oyj:n tuotekehitysosaston luotettavuuslaboratorion käyttämää Power Line -testausspesifikaatiota ja sen päivittämistä tarvittaessa nyky vaatimusten tasolle.

Työssä selvitetään aluksi sähkönlaadun merkitys sähköverkossa ja kerrotaan, mitä hyvä tai huono sähkönlaatu kuluttajalle käytännössä merkitsee. Sähkön jakelun keskeytykset ovat yleisin häiriön syy sähkönjakeluverkossa, sen takia niiden tunnuslukujen laskemiseen käytettyjä kaavoja tarkastellaan lähemmin. Tämän jälkeen pohditaan millaisia ongelmia heikko sähkön laatu aiheuttaa kodin kulutuskojeille ja -laitteille. Kyselyssä ja mittauksissa selvitetään vallitsevissa sähkönsyötön olosuhteita, joissa hissisähköistyksen tulisi selviytyä.

Seuraavaksi tarkastellaan minkälaisilla laitteilla ja testeillä selvitetään hissisähköistyksen ja -elektroniikan selviytymistä yli- ja alijännite tilanteista, sekä jännikatkoksisista. Sen jälkeen tarkastellaan käytössä olevan Power Line -testin sopivuutta nykytuotteiden testauksessa.

Työhön liittyy asiakaskohteissa suoritettuja mittauksia, jotka tehtiin asennuksen, käyntiajan ja rakennusaikaisen käytön aikana. Sekä mittaukset jo luovutetuissa kohteissa.

Tämän tarkastelun tuloksena varmistetaan tuotekehitysprosessin aikana suoritettavan Power Line -testisuunnitelman tarkoituksenmukaisuudesta ja soveltuvuudesta nykypäivän vaatimuksiin. Tämän perusteella mietittiin sopivat mittausmenetelmät ja -laitteet, tuotanto- ja testausvaiheeseen.

Mittalaitteena on käytetty Power Recorder System -mittalaitetta. Tämä analyysointilaitteisto on suunniteltu mittaamaan ja havaitsemaan lyhyetkin katkokset sähköverkossa.

2 SÄHKÖN LAATUUN LIITTYVÄÄ TEOREETTISTA TARKASTELUA

2.1 Suomen sähköverkko

Suomessa tuotettu ja ulkomailta ostettu energia siirretään verkkoyhtiöille ja teollisuudelle kanta- ja alueverkkojen avulla. Jakeluverkko taas koostuu matalaa jännitettä käyttävistä johdoista.

Kantaverkko koostuu 400, 220 ja tärkeimmistä 110 kV:n siirtojohdoista sähköasemineen. Alueverkko puolestaan käsittää mm. valtaosan 110 kV:n johdoista.

Suomen sähköverkon omistuksesta ja ylläpidosta huolehtii kaksi eri ryhmää. Kantaverkko on kansallisen Fingrid Oyj:n hallussa. Tähän kuuluu yli 14 000 kilometrin verran voimajohtoja sekä noin sata sähköasemaa. Kaikista muista verkoista taas huolehtivat erilaiset paikalliset sähkönsiirtoyhtiöt.

Suomen sähköverkko on osa pohjoismaista yhteiskäyttöverkkoa. Kantaverkko on yhdistetty vaihtosähköyhteyksillä Ruotsin ja Norjan verkkoihin sekä tasasähköyhteydellä Venäjän verkkoon.

2.2 Sähkön laadulla yleisesti tarkoitetaan

Voidaan sanoa, että sähkön laatu muodostuu kahdesta osatekijästä, sähköverkon käyttövarmuudesta ja jännitteen laadusta. Näistä kahdesta tavallisen kuluttajan kannalta huomattavampi on sähköverkon käyttövarmuus, koska sähkön puuttuminen kotitaloudesta voi aiheuttaa monenlaisia ongelmia mm. lämmityksen suhteen. Sähkön heikko laatu teollisuuden tuotantoprosessissa voi pahimmassa tapauksessa aiheuttaa tuotannon katkeamisen, mikä voi koitua yritykselle erittäin kalliiksi. Sähkön laatuun vaikuttavat sähkön tuotanto-, siirto-, jakeluverkon ominaisuudet, sekä asiakkaiden verkkoon liittämät laitteet.

Hissiympäristössä merkittävimmät sähkönlaatuun vaikuttavat tekijät ovat lisääntynyt taajuusmuuttajien käyttö, varavoimalaitteet, laivakäytöt ja jossain määrin vielä myös DC -käytöt.

Standardien ja suositusten mukainen sähkön laatu

Kansallisten standardien ja suositusten mukaan sähkön laatu määritellään pääosin jännitteestä. Niin Suomessa, kuin muuallakin Euroopassa standardit pohjautuvat pitkälti EN 50160 -standardiin ja sen kansallisiin sovellutuksiin.

Laatuhäiriöiden aiheuttajia paikallistettaessa on kiinnitettävä huomiota myös virran laatuun, kuten ANSI- ja IEEE- standardeissa jo tehdäänkin.

Harmonisille jänniteylialloille, epäsymmetrialle ja nopeille jännitemuutoksille voidaan esittää tilastollisia arvoja, joiden rajoissa yritetään pysyä. Verkon haltijan on kuitenkin vaikea taata näitä arvoja, koska usein ongelmat aiheutuvat pääasiassa sähkönkäyttäjien laitteista. [2, s. 9]

SFS-EN 50160 -standardin tarkoituksena on määritellä ja kuvailla jakelujännitteen ominaisuuksia taajuuden, suuruuden, aaltomuodon ja kolmivaiheisen jännitteen osalta. Standardia ei sovelleta määrätyissä epänormaaleissa olosuhteissa.

2.3 Sähkön laatuun liittyvä termistö

Sähkön laadusta puhuttaessa törmää kolmeen useasti käytettyyn termiin; vika, sähkökatko ja keskeytys. Arkipäiväisessä käytössä näiden sanojen merkitys ei juurikaan poikkea, mutta sähköjärjestelmien luotettavuudesta puhuttaessa niillä on tietty merkityksensä.

Yksi yleisimmistä häiriötekijöistä sähkön jakelussa on sen totaalinen keskeytys. Tämä voi johtua ennalta suunnitellusta korjaus- tai rakennustoimenpiteestä. Tällaista keskeytystä sähköjakelussa kutsutaan työkeskeytykseksi. Häiriökeskeytyksen yleisimmät syyt ovat ukkonen, myrsky, muuntaja vika ja maan kaivu. Verkon ns. saarrekeäytössä, tai varavoimakäytössä voi esiintyä taajuuspoikkeamia. Pääasialliset syyt tähän, ovat epästabili tai ylikuormitettu verkko, huonot generaattorin säätö- ja ohjauslaitteet, sekä nopeat kuormitusmuutokset. Suurehkojen sähkölaitosten jakelualueella taajuuspoikkeamat ovat melko epätavallisia.

Salaman linjoihin indusoimista jännitteistä, isojen kuormitusten päälle- ja poiskytkemisestä ja nopeista jälleenkytkennöistä voi aiheutua sähkön jakeluun jännitekuoppa. Nopeat jännitemuutokset ilmenevät mm. valojen välkyntänä ja herkille laitteille, kuten tietokoneille aiheutuneina ongelmina.

Tasaisesti, tai satunnaisesti vaihtelevat isot kuormat, pistehitsauskoneet ja esim. kuljettimien moottorit aiheuttaa yleensä välkyntää. Välkynnällä tarkoitetaan valonlähteen pintakirkkauden eli luminanssin tai spektrijakauman muutosten aiheuttamaa näköaistimuksen epävakaisuutta. Välkyntä voi aiheuttaa myös ongelmia kommunikaatiolaitteille, tai tietokoneiden toiminnalle.

Transienttilyijännitteet jaotellaan niiden keston perusteella pitkiin, keskipitkiin ja lyhyisiin transientteihin. Sulakkeen palaminen, tai kompensointikondensaattorin kytkeminen voi aiheuttaa yli 100 μ s kestävänsä transientin. Linjaan, tai sen läheisyyteen iskenyt salama aiheuttaa yleensä 1..100 μ s kestävänsä transienttilyijännitteen. Lyhyet transientit, alle 1 μ s, aiheutuvat paikallisten kuormien kytkennästä. Sähköverkossa olevan ylijännitesuojan toiminta, tai eristeen tai eristimen läpilyönti aiheuttaa myös transientteja.

Harmonisten tai epäharmonisten yliaaltojen pääasialliset synnyttäjät ovat ylikuormitetut muuntajat, epäsymmetriset kuormat, taajuusmuuttajat, tasasuuntaajat, tyristorikäytöt, hakkuriteholähteet ja purkauslamput. Yliaalloista johtuvia ongelmia ovat mm. häviöiden kasvu verkossa, suojarleiden virhetoiminat, mittareiden virhenäyttämät ja nollajohtimen ylikuormitus. [2, s. 3 - 4]

2.4 Sähkön laadun ja jakelun luotettavuuden hallinta

Sähkö laadun hallinnan keskeisimmät kohteet ovat ylijännitteen, harmonisten aaltojen, jännitteen vaihtelun, jännite-epätasapainon ja transienttien hallinta. Sähkön laatuun liittyvät tyypillisimmät ongelmat ja niiden mahdollisia syitä on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Keskeytysten luokittelu. [4, s.12]

| Häiriötyyppi | Mahdolliset syyt |
|--------------------------------|--|
| Sähkön jakelun katkos (>1 min) | Huoltotoimet, linjaviat, onnettomuudet, sää, tuuli, salamat, jää |
| Pitkäaikainen ylijännite | Pieni kuormitus, huono säätö |

| | |
|---|--|
| Pitkäaikainen alijännite | Raskas kuorma, voimakkaat kuormitushuiput, ei loistehonsäätöä, huono tehokerroin |
| Hetkelliset katkokset | Katkaisijoiden laukeaminen, vian selvitystilanne, syötön vaihto |
| Jännitekuopat | Suurien kuormien kytkentä, hetkelliset viat, katkaisijoiden toiminta, induktiiviset kuormat |
| Hetkelliset ylijännitteet | Piirin kapasitanssi, suurten kuormien poiskytkentä, vaihevika |
| Transienttijännitteet | Valaistus, kapasitiivinen kytkentä, virtasuojan laukeaminen, epälineaariset kuormat, häiriöt |
| Harmoniset virran yliaallot | Epälineaariset komponentit, korkeataajuiset kytkennät, TV, tietokoneet, valaistus, huono tehokerroin, laitteiden aiheuttama signaalihäiriö |
| Jaksolliset häiriöt ($t < 0,5$ sykliä) | Tehoelektroniikkalaitteet |
| Välkyntä | Eritaajuinen jännitteen vaihtelu, valaistus, loistehon vaihtelu |
| Jännite-epätasapaino | Epätasainen kuormitus, kompensointikondensaattorit, moottorit |

Sähkön laadun ja jakelun luotettavuuden hallintaan liittyy ns. Custom Power –käsite. Custom Power on IEEE:n määrittelyn mukaan vapaasti käännettynä ”konsepti, jossa hyödyntäen tehoelektroniikan laitteita pyritään turvaamaan 1-38 kV:n jakelujärjestelmässä riittävä sähkön jakelun luotettavuus ja sähkön laatu asiakkaan laitoksen tai prosessien toiminnan turvaamiseksi.” [4, s.23], [6, s.420, 454] Tässä opinnäytetyössä ei ole tätä mainintaa lukuunottamatta otettu em. käsitteeseen kantaa.

2.5 Sähkön laadun mittaus

Sähkön laatua voidaan mitata jatkuvasti tai tilapäismittauksilla. Mittaukset voidaan luokitella myös käyttötarkoituksen mukaan valvonta- ja häiriömittauksiin. Valvontamittaukset ovat jatkuvasti suoritettavia jakeluverkon suureiden mittauksia. Monesti valvontajärjestelmät koostuvat kiinteästi verkkoon liitetyistä kaukoluettavista mittalaitteista. Näitä mittalaitteita on sijoitettuina sähköasemille, muuntamoille ja usein myös tärkeimpiin verkon solmupisteisiin. Verkon kuormitustilannetta seurataan jatkuvilla virta- ja tehomittauksilla sähköasemilta lähtevien johtojen ja syöttömuuntajien osalta. Sähköasemilla seurataan myös verkkotaajuutta ja jännitteen hitaita vaihteluja.

Häiriömittauksilla tarkoitetaan jakeluverkon normaalista tilasta poikkeavien tilanteiden mittausta. Häiriön aiheuttajan selvittäminen on monesti vaikeaa, koska usein häiriöt johtuvat monesta eri tekijästä. Häiriömittauksia suunniteltaessa on häiriötyyppi tunnistettava, jonka jälkeen voidaan suunnitella tarvittavat mittaustoimenpiteet.

2.6 Jakelujännitteen tunnusluvut

Jakelujännitteen tunnuslukuja voidaan laskea erilaisilla yhtälöillä. Koska keskeytykset ovat yleisin häiriön syy sähkönjakeluverkossa, niiden tunnuslukujen laskemiseen käytettyjä yhtälöitä on tarkasteltu tässä lähemmin. SAIFI ja SAIDI luvut kuvaavat verkon keskeytysten keskimääräisen lukumäärän indeksiä kappaleina yhtä asiakasta kohden ja keskimääräistä yhteenlaskettua kestoajan indeksiä tunteina yhtä asiakasta kohden. [2, s.6 – 7]

$$SAIFI = \frac{\sum n_j}{N_s} \quad (1)$$

$$SAIDI = \frac{\sum_i \sum_j t_{ij}}{N_s} \quad (2)$$

CAIDI puolestaan kuvaa verkon asiakkaan keskeytysten keskipituuden indeksiä tunteina keskeytystä kohden.

$$CAIDI = \frac{\sum_i \sum_j t_{ij}}{\sum_j n_j} \quad (3)$$

Muuntopiiritason tunnusluvut ovat ilmaistu T-SAIFI indeksillä. Näissä tunnusluvuissa ei ole mukana pienjänniteverkon keskeytyksiä. Niiden osuudeksi kaikista keskeytyksistä arvioidaan olevan 5 - 15 %. Niiden tunnusluvut ja laskentayhtälöt ovat seuraavanlaiset:

$$T - SAIFI = \frac{\sum_{i=1}^n mpki}{mp} \quad (4)$$

$$T - SAIDI = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n mpkij * hij}{mp} \quad (5)$$

T-CAIDI indeksi kertoo muuntopiirin asiakkaan keskeytysten keskipituuden tuntia kohden/keskeytys.[2, s.7]

$$T - CAIDI = \frac{\sum_{i=1}^n mph_i}{\sum_{i=1}^n mpk_i} \quad (6)$$

Keskeytykset käsitellään yleisesti tapauskohtaisesti. Niiden luokittelu on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. Keskeytysten luokittelu. [2, s.7]

| | |
|----------------------|--|
| Lyhyet keskeytykset | ≤ 3 minuuttia, U < 1 % x U _n |
| Pitkät keskeytykset | ≥ 3 minuuttia, U < 1 % x U _n |
| Keskeytysten mittaus | Tehollisarvot 10 ms:n välein. Luokittelu 0 - 1 s, 1 - 3 min ja >3 min mukaan. |

2.7 Sähkön laadun monitorointi

Sähkön laadun monitorointi on prosessi, jossa kerätään dataa, analysoidaan ja tulkitaan se hyödylliseen käyttöön. Datan kerääminen tarkoittaa käytännössä jatkuvaa mittaamista. Mitatun datan analysointi ja tulkinta voidaan tehdä manuaalisesti, mutta siihen löytyy myös hyviä ja käyttökelpoisia tietokoneohjelmia.

2.8 Mittauksilla saavutettavat hyödyt

Mittaamisella pystytään kartoittamaan yliaaltopitoisuuksia, jonka perusteella voidaan suunnitella niiden suodatus. Sähkön kuluttajalle on olennaisinta loistehomaksujen minimointi, joka saadaan optimoimalla loistehon kompensointi. Mittaamalla saadaan selville myös sähköverkossa tapahtuvat transientit ja häiriötilanteet, joiden perusteella voidaan suunnitella ja selvittää näiden tilanteiden eliminointi. Mahdollisten laitevaurioiden paikallistaminen on myös mahdollista hyvin suunnitellulla ja järjestetyllä mittaamisella. Sähkömagneettikenttien paikallistaminen oikeilla mittalaitteilla ja niiden eliminointi mahdollistuu. Verkon laajennettavuuden tarve voidaan todeta mittaamalla ja tämän myötä voidaan suunnitella tarvittava laajennus. [2, s.16]

2.9 Huono sähkön laadun aiheuttamia ongelmia

On sanottu, että 2/3 huonosta sähkön laadusta johtuvista ongelmista aiheutuvat kiinteistössä olevista laitteista. Tämä johtuu kasvavasta hakkuriteholähteiden määrästä IT -järjestelmissä, taajuusmuuttajien käytöstä moottorikäyttöjen kanssa ja HF -laitteista toimistojen valojärjestelmissä, sekä pikistä kaapelivedoista, tai niiden alimitoituksesta. Merkkejä huonosta sähkön laadusta johtuvista ongelmista on monenlaisia. Näitä ovat mm. tietokoneiden niin sanottu kaatuminen ja tietojen häviäminen, välkkyvät valot ja monitorien ruudut, sekä ylikuumenevat moottorit ja muuntajat. [4]

Hyvin monesti sähkön laadussa ilmenevät poikkeamat asiakkaan kiinteistöissä johtuvat puutteellisesta maadoituksesta. Tämän vuoksi monesti ongelmat ovat ratkaistu yksinkertaisesti kiristämällä löysät liitokset, tai vaihtamalla ruostuneet liitokset uusiin. Tämä tarkoittaa sitä, että ensimmäinen toimenpide ongelmatilanteissa on käydä läpi ja tarkastaa

maadoitukset ja niiden johdotukset, ennen varsinaisia mittauksia. Tämä on hyvä tehdä jo pelkästään turvallisuuskohdan kannalta. [7]

Kotitaloudet

Kotitalouksissa käytettävien laitteiden kanta on muuttanut sähköverkon käyttöä. Esimerkiksi LED –valaisimien, lämpöpumppujen, klapi-koneiden ja erilaisten hitsauskoneiden käyttö on johtanut siihen, että vanhoilla periaatteilla suunnitellut sähköverkot häiriintyvät uusien laitteiden sekä käyttötottumusten takia. Pahin tilanne sähkön laadun kannalta on heikko verkko, jossa oikosulkuteho on pieni, vuosittainen energian kulutus on suhteellisen pientä ja jossa hetkellisesti voidaan kuluttaa suurehkoa tehoa. [10]

Välkyntä on yksi yleisin kotitalouksissa huomattava sähkön laadun ongelma joka ilmenee valojen välkkymisenä. Tästä ei kuitenkaan yleensä aiheudu sen suurempaa ongelmaa. Jääkaapin viileneminen, pakastimen sulaminen ja DVD, sekä mahdollisesti muiden kotitalouden viihde-elektroniikkalaitteiden kellojen uudelleen asettelu ovat ainoita harmillisia asioita, jotka sähkön jakelun keskeytyksestä voi aiheutua.

Teollisuus

Sähkön heikko laatu teollisuuden tuotantoprosessissa voi pahimmassa tapauksessa aiheuttaa tuotannon katkeamisen. Harvat teollisuuslaitokset ovat häiriöttömiä, ja monilla niistä koetaan useita sähkön laadun ongelmia jopa yhtä aikaa. Tämä merkitsee monesti yhtiölle taloudellisia tappioita. Teollisuuden sähköverkossa esiintyviä vikoja ja häiriöiden laatua voidaan jaotella seuraavasti: [11]

- Maasulku
- Oikosulku
- Tehovajaus
- Syöttötien (ainoa) vaurioituminen
- Katkoksellinen syöttötien vaihto (syöttöjohdon vaihto varasyötölle)
- Ylikuorma
- Virhetoiminta.

Testauslaboratorioissa, tai vastaavissa tiloissa, keskeytys sähköön jakelussa saattaa aiheuttaa meneillään olevien testien keskeytymistä, tai saattaa muuten häiritä niiden tekemistä. [4]

Hissikäytöt

Sähkökatkos hissin ajon aikana merkitsee sen välitöntä pysähtymistä. Tämä aistitaan korissa erittäin epämiellyttävän suurena nopeuden hidastumisena, jopa terävänä nykäyksenä. Jos sähköt eivät palaudu määrätysässä ajassa ja ko. hissi on varustettu varavoimakäytöllä, hissi ajaa lähimmälle tasolle hissikäyttöön suunnitellun EBD -laitteen avulla. Näissä tilanteissa hissin ohjausjärjestelmän ja korissa olevan vaa-an avulla valitaan ns. kevyt ajosuunta, jolloin akuilla toimivan hätäajolaitteen teho saadaan varmasti riittämään hissin ajamiseen lähimpään kerrokseen ja ovien avautumiseen. Tämän jälkeen ohjausjärjestelmä antaa hätäajolaitteelle luvan sammua. Jännitteen epäsymmetria voi aiheuttaa hissille erilaisia ongelmia. Pahimmassa tapauksessa taajuusmuuttajan välipiirin jännite voi nousta niin korkeaksi, että se rikkoo välipiirin kondensaattorit kokonaan. Vaihevahdeilla varustettu hissi ei välttämättä pysähdy välittömästi, vaan se antaa ohjausjärjestelmälle käskyn pudottaa nimellisnopeutta tai tilanteesta riippuen pysähtyä seuraavaan kerrokseen.

Hissien ohjausjärjestelmän kannalta huonoin tilanne on lyhyt keskeytys, jonka aikana sähköt ovat poikki muutamasta millisekunnista joihinkin kymmeneen millisekunteihin. Tänä aikana ohjausjärjestelmän prosessori ei ehdi täysin nollautua vaan käynnistyy uudestaan, jolloin sen toiminta voi häiriytyä niin, että se ei pysty enää kommunikoimaan muiden järjestelmään liitettyjen laitteiden kanssa, vaan ns. jumiutuu. Tällainen tilanne vaatii aina huoltomiehen käyntiä kyseessä olevalla hissillä.

3 KENTTÄPALAUTE

3.1 Yleistä kenttäpalautteesta

Olosuhteet eri käyttötilanteiden välillä saattavat vaihdella suuresti. Asennuksen aikana huomattavinta on sähköön syöttö, joka on monesti järjestetty kumikaapelilla työmaakeskuksesta, tai vastaavasta. Monesti vielä käyntiajo ja rakennusaikaisen käytön vaiheessa hissille tuleva syöttö on

toteutettu tilapäisasennuksin. Tällöin tyypillistä on noususulakkeiden palaminen ylikuormituksen takia.

Kommentit ja kuvakset ongelmatapauksista, liittyen sähkön syöttöön, asennuskohteista on parasta palautetta todellisista olosuhteista. Tämä pätee myös vallitseviin olosuhteisiin paikallisessa sähköjakeluverkossa. Tuote joutuu ennen varsinaista loppukäyttöä kohtaamaan valmistus-, toimitus- ja asennusprosessien mukana tuomat ilmastolliset ja mekaaniset rasitukset. Tämä saattaa heikentää myös niiden sähköisiä ominaisuuksia. Se voi ilmetä mm. heikentyneenä sähkön sietokykyinä.

Asiakaskohteista saatu palaute sähköisistä ominaisuuksista ja ongelmista on ensiarvoisen tärkeää. Sen perusteella voidaan miettiä testausohjelmat loppusijoituskohteen olosuhteiden vaatimusten mukaan. Tämän vuoksi työn alkuvaiheessa lähetettiin kysely muutamiin eri asennusyksiköihin.

3.2 Kysely sähkön laadusta johtuvista ongelmista

Kyselyn tavoitteena oli selvittää huonosta sähkön laadusta tai muista poikkeavista olosuhteista johtuvia ongelmia asiakas- ja testikohteissa. Kysely toimitettiin sähköpostikyselynä valituille henkilöille kenttä- ja kentän tuessa toimiville henkilöille. Niille, jotka eivät määräaikaan mennessä vastanneet, lähetettiin uusi kysely. Jo ennalta oli arvailtavissa, että vastaajat eivät ehkä suhtaudu kyselyyn vakavasti. Jokatapauksessa palautetta tuli sen verran kiitettävästi, että toista muistutusta vastaamatta jättäneille henkilöille ei lähetetty.

3.3 Kyselytutkimuksen tulokset

Kyselyn vastausprosentti oli kiitettävä. Vastanneiden kommentit ongelmista olivat varsin mielenkiintoisia. Alla muutamia esimerkkejä vastaajien kommentteista:

"Espanjassa on ollut paljon ongelmia V3F25 - taajuusmuuttajamoduleiden kanssa rakennusaikaisessa käytössä."

"The crash of the drives happens sometimes after a storm or the restoration of the power supply, sometimes without a significant reason. The electrical network in Sardena is quite unstable. But the structure is the same of the rest of Italy."

“NVRAM -muistipiirit tyhjenevät lyhyillä sähkökatkoksilla”

”LCECPU -kortti ei palaudu toimintakuntoon lyhyen sähkökatkon jälkeen. Kortti näyttää ulkoisesti olevan kunnossa, mutta käyttöliittymän napit ovat jumissa, eikä sarjaliikenne drive:n ja cpu :n välillä toimi.”

”Once after short power brake comes fault 0120(mode selection failure) lift wasn’t able to start. Ok after next power brake”

Johtopäätöksenä kyselystä voi sanoa, että ongelmat asiakaskohteissa voivat olla varsin erilaisia. Tämä vahvistaa sitä käsitystä, että testiohjelman uudistaminen on tarpeen, tai sitä on tarkennettava tuotekohtaisesti.

3.4 Mittaukset asiakaskohteissa

Sähkön laatua voidaan mitata erilaisilla mittareilla. Mittarit voidaan jakaa kahteen päätyyppiin; kiinteästi asennettaviin ja siirrettäviin mittalaitteisiin. Näiltä mittalaitteilta vaaditaan erilaisia ominaisuuksia. Molemmille mittarityypille on olennaista tärkeimpien sähkön laadun suureiden mittaaminen. Kiinteästi asennettaville mittareille tärkein ominaisuus on kaukoluettavuus. Siirrettäviltä mittareilta vaaditaan usein tarkempaa mittaustarkkuutta.

Sähköverkon ylläpitoa ja rakentamista helpottaa kaukoluettava mittari, joka pystyy mittaamaan energian lisäksi muutamia muita sähkön laatutekijöitä. Tämä on tarpeellista ongelmapaikkojen selville saamisessa.

3.5 Käytetty mittalaite

Asiakaskohteissa sähkön laadun mittaamiseen ja tutkimiseen käytettiin pääasiassa Fluke®:n Reliable Power Meter(RPM) -mittalaitetta. Mittalaite ja sen etupaneeli on esitelty kuvassa 1. Mittalaite soveltuu hyvin mittamaan kolmivaiheverkon sähköisiä suureita. Sillä pystytään tallentamaan ja analysoimaan mitattavia suureita hyvinkin tarkasti. Järjestelmä mahdollistaa mittaamiseen tehtävät muutokset ilman, että laitteistoon tai ohjelmistoon tehtäisiin muutoksia. Power Recorder on kannettava laite, mutta se voidaan myös asentaa kiinteästi mittaushuoneeseen.



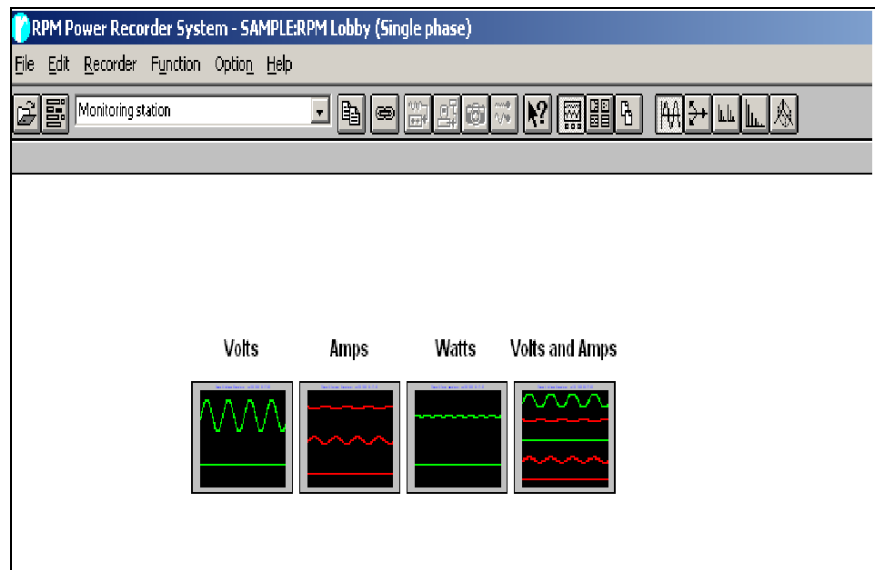
Kuva 1. Fluken analysaattori; A. etupaneeli, B. laitteen runko

Fluken virtamuuntajat (Kuva 2) ovat erityisesti suunniteltu toimimaan saumattomasti kolmivaiheanalaysaattorin kanssa. Valittavissa olevista vaihtoehtoista luotettavuuslaboratorion käyttöön päätettiin hankkia parhaiten sopivat 40 A:n ja 1 000 A:n virtakahvat. Virtamuuntajat ovat helposti kytkettävissä mitattavaan kohteeseen, koska ne on tyypiltään pihtimäiset.



Kuva 2. Virtakahvat; A. 1 000 A, B. 40 A

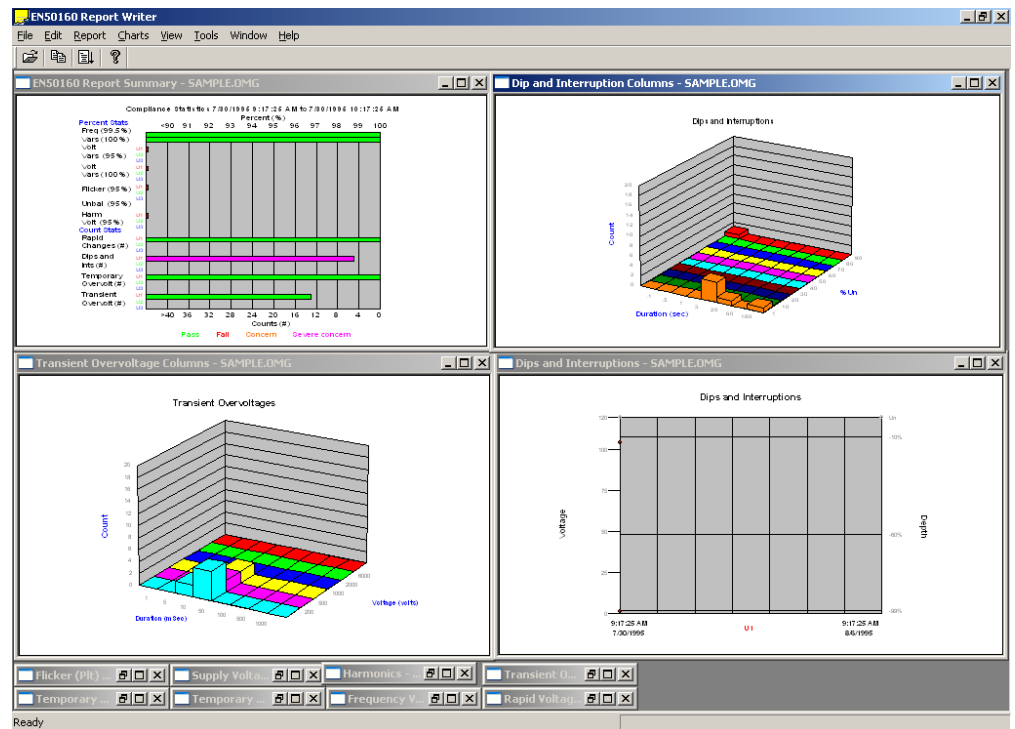
Mittaustuloksia luetaan ja analysoidaan erillisen ohjelman avulla. Power Analysis Software on monipuolinen ohjelma. Ohjelman avulla pystytään paikallistamaan häiriöiden ajankohdat sähköverkossa. Kuvassa 3 on näkymä ohjelman etusivusta.



Kuva 3. Power Recorder System -käyttöliittymä

Power Analysis Software:n käyttöliittymä on yksinkertainen ja helppo käyttää. Sen avulla voidaan mittauksia tarkastella kätevästi mittauksen aikanaikin. Mitattu data saadaan helposti tallennettua esimerkiksi omalle kannettavalle ja Power Analysis Sw. tallentamaa mittadataa voidaan analysoida tarkemmin, vaikka omassa toimistossa.

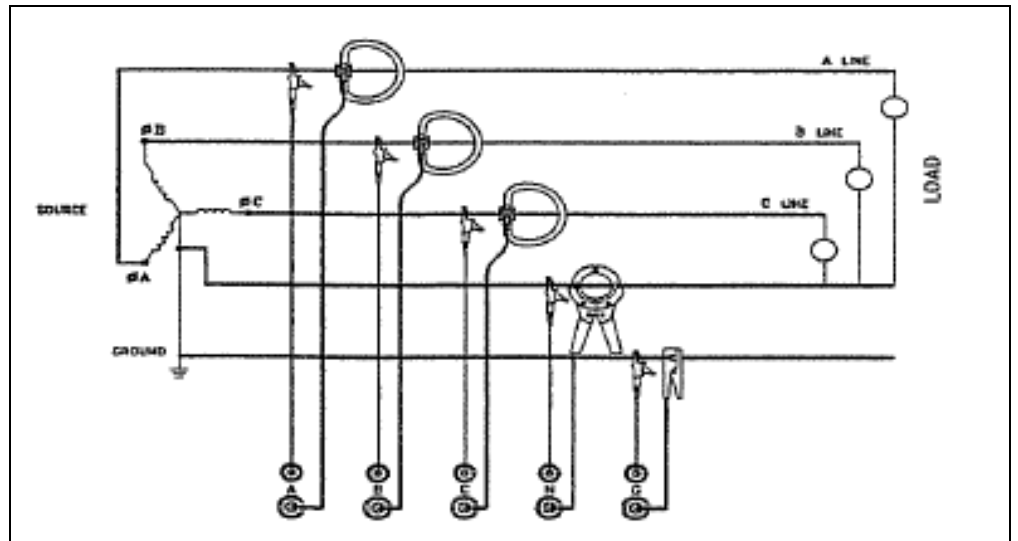
Analysaattoriin on saatavilla EN50160 Report Writer -ohjelma, joka tulostaa yhteenvedon mitatuista suureista. Graafinen esitys on selkeä lukuista ja poikkeamat EN50160 -standardin rajoihin on helppo havaita graafisesta esityksestä. Ohjelma tulostaa mitatuista arvoista myös yksityiskohtaisemman yhteenvetoraportin.



Kuva 4. EN50160 Report Writer -ohjelman käyttöliittymä

3.6 Mittaukset ongelmakohteessa

Sähkön laatuun liittyvää ongelmaa Krung Thai Bank II, Bangkoki:ssa tutkittiin RPM 3~ analysaattorilla. Lisäksi verkon oikosulkuimpedanssi mittaukset tehtiin Tektronic oskilloskoopilla. Kohteessa tehtiin mittaukset 5-10.2.2007. Ongelmakohteen hissi oli ajanut noin vuoden ongelmitta. LCL -filterin rikkoutuminen hissin syötössä antoi viitteitä sähkön laatuun liittyvästä ongelmasta. RPM -analysaattori kytkettiin hissin syöttöön kuvan 5 mukaisesti.



Kuva 5. Analysaattorin kytkentä

3.7 Yhteenveto mittaustuloksista

Mittaukset tehtiin 5-10.2.2007, Krung Thai Bank :n rakennuksessa. Kohteen ongelman kuvaukseksi oli kirjattu LCL -filttereiden hajoaminen. Nimellisjännite mitattavassa kohteessa vaiheiden välillä oli 380 V ja nimellistaajuus 50 Hz.

Yhteenvetoraportti koostuu seuraavista kappaleista:

- kohteen kuvaus
- tapahtumat
- jännite, virta ja taajuus
- harmoniset
- teho.

Yhteenvedosta käy ilmi, että ongelmat johtuvat lyhyistä, millisekunnin luokkaa olevista, jännitekatkoksesta ja sitä edeltävästä tapahtumasta. Lyhyestä mittausjaksosta johtuen ei voida sanoa onko tapahtumilla jokin säännöllinen sykli. Näiden ilmiöiden tutkiminen ja syyn löytäminen vaatii jatkotutkimuksia.

3.8 Johtopäätökset mittauksista

Yleisesti jakelujännitteen epäsymmetria aiheutuu verkon epäsymmetrisistä kuormista ja mahdollisesti yhden vaiheen palaneesta sulakkeesta, tai kompensointiparistosta. Epäsymmetria suurentaa sähkömoottorien roottorihäviöitä ja pienentää niiden momenttia.

Krung Thai Bank :n ongelmat johtuu lyhyistä jännitekatkoksista ja niitä edeltävästä tapahtumasta. Syy jännitekatkoksiin vaatii tarkempaa selvitystä ja yhteistyötä paikallisten viranomaisten kanssa.

4 HISSI SÄHKÖISTYKSILLE TEHTÄVÄT TESTIT TUOTEKEHITYKSEN AIKANA

Jännitekatkostestit tehdään hisseille ennen niiden pilotointivaihetta ja niiden toiminta testataan myös yli- ja alijännitteillä sekä määritetyillä yli- ja alitaajuuksilla. Hissin on läpäistävä nämä testit ennen pilotointi vaihetta.

4.1 Jännitekatkostesti

Yli- ja alijännitetesteissä on tähän asti pääasiassa käytetty Ruhstrat:n valmistamaan säätömuuntajaa (Kuva 6). Muuntajan ensiöpuoli on kolmivaiheinen, ja sillä pystytään säätämään toisiopuolen jännitettä 0 - 420 volttiin.



Kuva 6. Ruhsrtat –säätömuuntaja

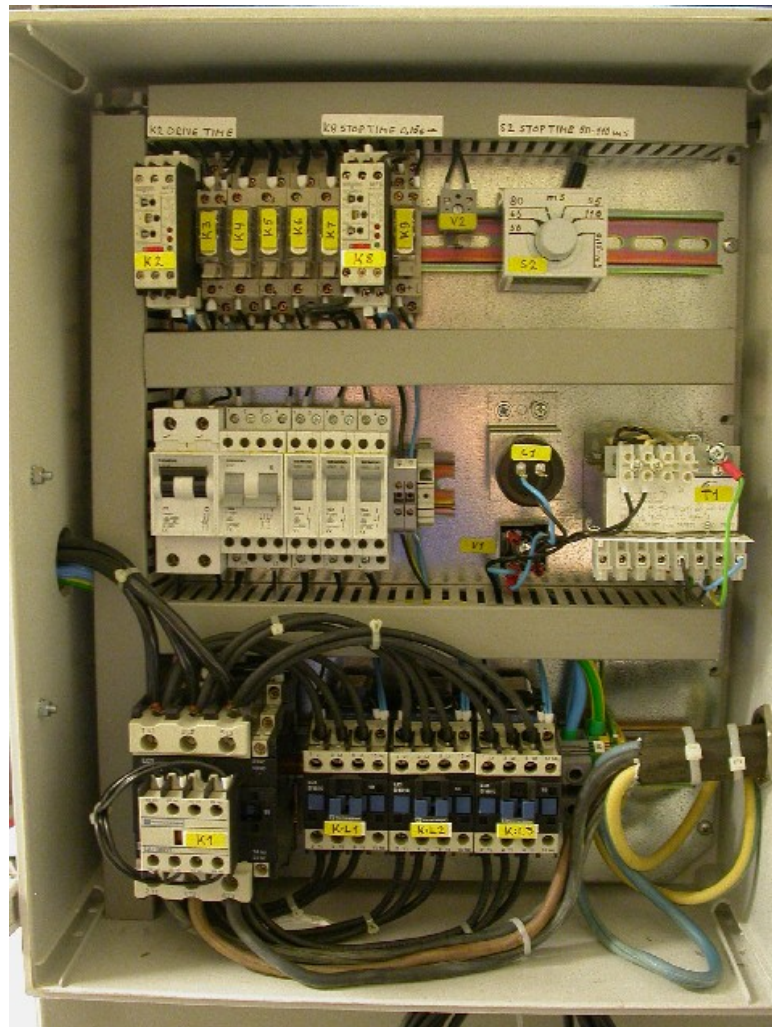
Jännitteen säätö tapahtuu muuntajan päällä olevasta säätöyksiköstä (Kuva 7). Käynti- ja katkosaikoja ohjataan erillisellä ohjauspiirillä. Ohjauskytkentä johdotuksineen ja komponentteineen on sijoitettu samaan koteloon (Kuva 8), joka on puolestaan kiinnitetty muuntajaan. Muuntajan tekniset tiedot löytyvät taulukosta 3.



Kuva 7. Toisiopuolen jännitteen säätöyksikkö

Taulukko 3. Muuntajan tekniset tiedot

| | |
|---|---------------------------|
| Ruhstrat | |
| 3 ~ | VDE 0552 |
| Valmistusvuosi 1989 | Typ. TKDMT |
| pri: $U_{1N} = 380\text{ V}$ $I_{1N} = 112\text{ A}$ | Freq $f_N = 50\text{ Hz}$ |
| Sec: $U_{2N} = 0 - 420\text{ V}$ $I_{2N} = 100\text{ A}$ | |
| KytKentä YN0 | Kotelointiluokka IP21 |



Kuva 8. Jännitekatkoksien ohjausyksikkö

4.2 Yli- ja alijännitetestit

Pienjänniteverkossa ylijännitteellä tarkoitetaan vaihtojännitteen keskiarvon kasvua yli 10 % nimellisjännitteestä, jonka kesto on yli 1 minuuttia. Ylijännite voi johtua isojen kuormien pois kytkemisestä. Tämä voi johtua siitä, että verkko on liian heikko pitääkseen halutun jännitetason, tai jännitteen säätö on riittämätön. Muuntajan väärin kytkeminen voi myös aiheuttaa syöttöverkossa ylijännitteen esiintymisen.

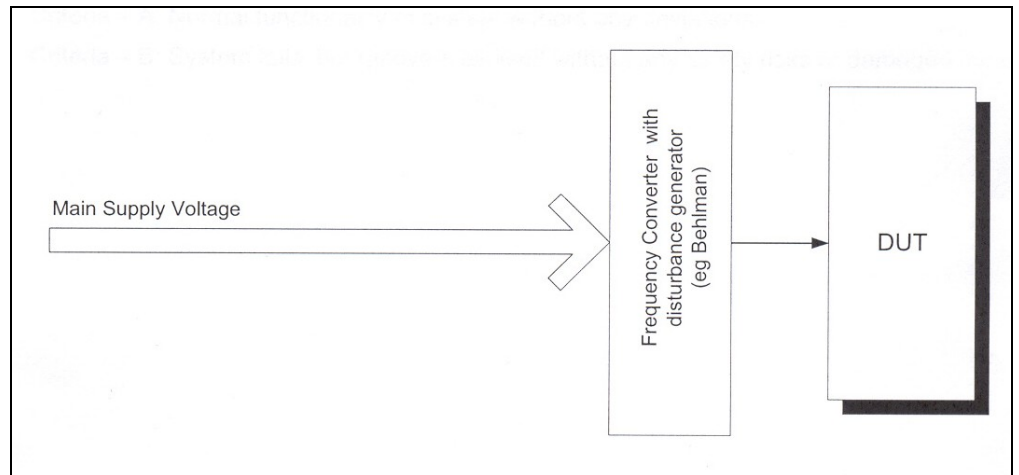
Alijännitteellä puolestaan tarkoitetaan tilannetta, jossa vaihtojännitteen keskiarvo on pudonnut 15 % nimellisjännitteestä ja sen kesto on yli 1:n minuutin. Alijännite voi olla myös seurausta suurien kuormien kytkemisestä. Ylikuormitettu syöttöverkko voi olla syynä alijännitteeseen.

5 OLEMASSA OLEVAN POWER LINE -TESTISPESIFIKAATION TARKASTELU

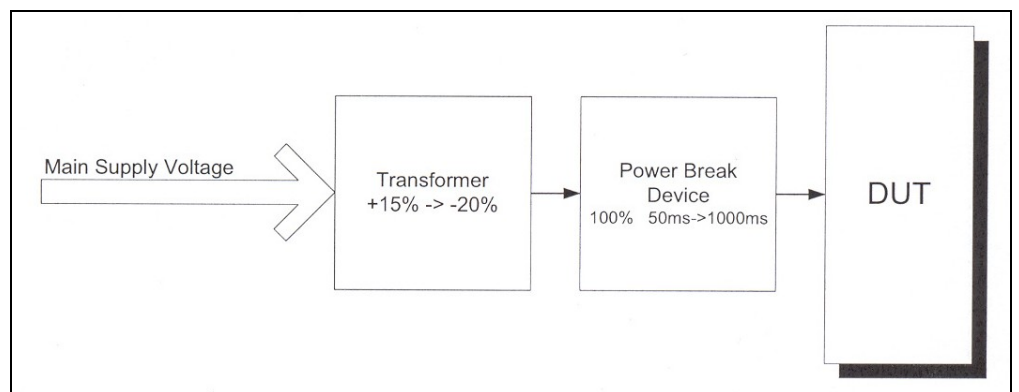
5.1 Vanha Power Line –testiohjelma

KONE Oyj:n tuotekehitysosaston luotettavuuslaboratorion tehtävänä on mm. varmistua siitä, että sillä on käytössään parhaat testausfilosofiat, -työkalut, -metodit ja voimavarat varmistamaan johdonmukaisesti hyödylliset testit. Osana tähän kuuluu Power Line -testaus, joka tässä työssä on arvioitu. Sen tarkoituksena on auttaa varmistumaan siitä, että tuotteet toimivat maailmalla myös haasteellisissa olosuhteissa.

Nykyisin käytössä oleva Power Line testispesifikaatio on modifioitu IEC 1000-4-11:1994 -standardista vastaamaan KONE Oyj:n tarpeita. Testin tarkoituksena on varmistaa testattavan laitteen toiminta ja palautuminen eri jännitetasoilla, eri taajuuksilla, keskeytyksien ja jännitepiikkien jälkeen, aiheuttamatta vaaraa hengelle, terveydelle tai omaisuudelle. Käytössä olevan Power Line -testin pääperiaatteet on esitetty kuvissa 9 ja 10.



Kuva 9. Power Line -testi käyttäen taajuus konvertteria, jolla voidaan generoida häiriötilanteita.[3, s.1]



Kuva 10. Power Line -testi käyttäen säätömuuntajaa ja relekatkojaa.[3, s.1]

5.2 Olosuhteet testauksen aikana

Testit suoritetaan täysin asennetulle ja toimivalle hissille, joka pystyy suoriutumaan ajotehtävistä ongelmitta korin ollessa tyhjä sekä nimelliskuormalla. Nimelliskuormalla tarkoitetaan hissikoriin leimattua massan arvoa, jonka se pystyy liikuttamaan.

5.3 SFS-EN 50160 -standardi

SFS-EN 50160 -standardi kuvaa yleisen jakeluverkon jakelujännitteen ominaisuudet. Se on vahvistettu 24.1.2000 ja korvaa standardin SFS-EN 50160:1995. [5] EN 50160 -standardi kuvaa sähkön tuotteen. Siinä kuvataan jännitteen pääominaisuudet asiakkaan liityntäpisteessä pien- ja keskijänniteverkossa, normaaleissa olosuhteissa. [6]

5.3.1 Jännitevaihtelut

Standardi SFS-EN 50160 antaa rajat joillekin jännite vaihteluille. Jokainen näistä annetuista vaihtelujen arvoista ei saa ylittyä 95 % ajasta. Mittaukset pitää tehdä tietyssä keskiarvoikkunassa. Monille vaihteluille tämä ikkuna on 10 minuuttia. Tämä tarkoittaa sitä, että hyvin lyhyet mitta-ajat ovat jätetty huomioimatta. Dokumentissa annetut rajat pienjänniteverkossa ovat listattu alla:

Jännitteen suuruusluokka: 95 % 10 minuutin mittausajasta yhden viikon ajalta pitää pysyä 10 % sisällä 230 V :n nimellisjännitteestä.

Harmoninen vääristymä yhteiskäyttöverkossa: Annettujen arvojen pitää pysyä 10 minuutin mittajakson ajan 95 % viikon ajasta, harmonisen komponenttiin 25. asti.

Taulukko 4. Jännitteen harmonisten rajat EN 50160 mukaan [6]

| Järjestysluku | Suhteellinen jännite | Järjestysluku | Suhteellinen jännite |
|---------------|----------------------|---------------|----------------------|
| 3 | 5 % | 15 | 0,5 % |
| 5 | 6 % | 17 | 2 % |
| 7 | 5 % | 19 | 1,5 % |
| 9 | 1,5 % | 21 | 0,5 % |
| 11 | 3,5 % | 23 | 1,5 % |
| 13 | 3 % | 25 | 1,5 % |

5.3.2 Standardin soveltamisala

SFS-EN 50160 -standardissa esitetään jännitteen pääominaisuudet asiakaan liittymiskohdassa yleisissä pien- ja keskijännitteisissä sähköjakeluverkossa normaaleissa käyttöolosuhteissa. Tämä standardi antaa rajat tai arvot, joiden sisällä asiakas voi olettaa liittymiskohdan jännitteen ominaisuuksien pysyvän. Standardi ei kuvaa yleisen jakeluverkon vallitsevaa tilannetta. Standardissa kuvataan ne epänormaali käyttöolosuhteet, joissa sitä ei sovelleta. SFS-EN 50160:ssä on myös maininta siitä, että annettuja jännitteen ominaisuuksia ei ole tarkoitettu käytettäväksi sähkömagneettisen yhteensopivuuden tasoina, tai sähkökäyttäjän johtuvien häiriöiden päästörajoina yleisessä jakeluverkossa.

Huomioitavaa on myös se, että standardissa annetut jänniteominaisuudet eivät ole tarkoitettu määrittelemään tuotestandardeissa olevia laitevaatimuksia. Tosin siinä mainitaan myös, että ne kuitenkin voidaan ottaa huomioon. On selvää, että laitteen suorituskky voi heiketä olennaisesti, jos laitetta koskevissa tuotestandardeissa ei ole otettu huomioon jakelujännitteen ominaisuuksia liityntäkohdassa. [5]

5.3.3 Standardin tarkoitus

SFS-EN 50160 -standardin tarkoitus on määritellä ja kuvata seuraavat jakelujännitteen ominaisuudet:

- taajuus
- suuruus
- aaltomuoto
- kolmivaiheisen jännitteen symmetria.

Jakelujännitteen ominaisuuksiin vaikuttavat jakelujärjestelmän kuormitusmuutokset. [5]

5.4 Vanha testausohjelma

Taajuuden vaihtelu, yli- ja alijännite ja jännitekatkos testit suoritetaan ohjelmoitavalla taajuus generaattorilla taulukossa 5 määriteltyjen arvojen mukaisesti. Hissin tulee toimia 49 Hz ja 61 Hz taajuuksilla, 10 % ja 15 % yli- ja alijännitteillä kahdeksan tunnin ajan, jotta se saavuttaa ”kriteerin A”. Kriteeri A tarkoittaa sitä, että hissi ei saa vikaantua testin aikana. Kriteeri B puolestaan tarkoittaa sitä, että hissi saa vikaantua, mutta sen pitää palautua toimintakuntoon kohtuullisen ajan kuluttua.

Taulukko 5. Testiohjelma [3, s.2]

| Testi tyyppi | Kriteeri | Testin kesto aika |
|------------------------------------|----------|--------------------------------|
| +10 % ylijännite, 61 Hz | A | 8 h |
| +10 % ylijännite, 49 Hz | A | 8 h |
| -15 % alijännite, 61 Hz | A | 8 h |
| -15 % alijännite, 49 Hz | A | 8 h |
| Etsi pienin toiminnallinen jännite | A | |
| Nimellisjännite, nimellistaajuus | B | 120 keskeytystä / askel == 1 h |

| | | |
|---|---|--------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> ○ 100 % katkos ○ Kesto 10 ms :sta to 1000 ms :iin seuraavin askelin: 10 ms, 20, 30, 40, 50, 70, 100, 150, 200, 300, 400, 600 ja 1 000 ms ○ Sykli 1/30 s | | |
| Nimellisjännite, nimellistaajuus <ul style="list-style-type: none"> ○ -30 % katkos ○ Kesto 10 ms :sta to 1000 ms :iin seuraavin askelin: 10 ms, 20, 30, 40, 50, 70, 100, 150, 200, 300, 400, 600 ja 1 000 ms ○ Sykli 1/30 s | B | 120 keskeytystä / askel == 1 h |
| Nimellisjännite, nimellistaajuus <ul style="list-style-type: none"> ○ +25 % ylijännite ○ Kesto 10 ms :sta to 1 000 ms :iin seuraavin askelin: 10 ms, 20, 30, 40, 50, 70, 100, 150, 200, 300, 400, 600 ja 1 000 ms ○ Sykli 1/30 s | B | 120 keskeytystä / askel == 1 h |

Yli- ja alijännite testi ja jännitekatkosti tehdään taulukon 6 mukaisesti.

Taulukko 6. Ulkoisella muuntajalla ja relekatkojalla suoritettu testiohjelma.[3, s.3]

| Testi tyyppi | Kriteeri | Testin kesto aika |
|--|----------|--------------------------------|
| +10 % ylijännite | A | 8 h |
| -15 % alijännite | A | 8 h |
| Etsi pienin toiminnallinen jännite | A | |
| Nimellisjännite, nimellistaajuus <ul style="list-style-type: none"> ○ 100 % katkos, kontaktorin avulla ○ Kesto 50 ms :sta 1 000 ms :iin seuraavin askelin: 50 ms, 65, 80, 95, 110, 150, 200, 300, 400, 600 ja 1 000 ms | B | 120 keskeytystä / askel == 1 h |

6 UUDET TESTISPESIFIKAATIOT POWER LINE -TESTAUKSEEN

6.1 Yleistä uudesta testiohjelmasta

Tarve uusien testispesifikaatioiden määrittelyyn ja testi dokumenttien päivitykseen on tullut sekä uuden standardin, että kenttäpalautteen, koskien huonoon sähkön laatuun liittyvien ongelmien myötä. On ollut syytä epäillä, että nykyiset testausmenetelmät ja testilaitteet eivät pysty kattamaan vaadittavalla varmuudella kenttäolosuhteiden aiheuttamia sähköisiä rasituksia.

Huomattava ongelma perusteellisen testien tekemiselle on tarve saada tuotteet nopeasti markkinoille sekä se tosiasia että tarvittavaa mittaustietoa ongelmatilanteista ei ole riittävästi saatavilla. Ongelmien selvittäminen, perussyiden määrittäminen, mitatun datan analysointi ovat tulevaisuuden haasteita, joihin on pystyttävä vastaamaan.

Sähkön laatuun ja sen mittaamiseen liittyviä kansainvälisiä ja eurooppalaisia standardeja on olemassa paljon. Uudet testiohjelmat luotiin luotettavuuslaboratorion käyttöön silmällä pitäen kansainvälisiä ja eurooppalaisia standardeja. Nämä dokumentit ovat on listattu liitteeseen 5.

6.2 Uudet dokumentit

Tähän työhön liittyneen tutkimuksen ja selvityksen perusteella luotiin seuraavat dokumentit, jotka tallennettiin KONE Oyj :n EDMS - tietokantajärjestelmään:

- LAB-01.94.001, *Power Line Test Specifications*
- LAB-14.01.015, *Power Line Test instruction*
- LAB-14.02.009, *Power Line Test Report template*

Ennen dokumenttien tallentamista tietokantajärjestelmään niitä kierrätettiin asiantuntijoilla yrityksen sisällä. Näiden dokumenttien tarkoitus on olla ”eläviä”, eli niistä luodaan samalle tunnusnumerolle uusi versio, johon on päivitetty saatujen käyttökokemusten ja palautteen perusteella ajanmukaiset parannukset, ohjeet ja vaatimukset.

6.3 Ohjelmoitava AC -teholähde

6.3.1 Teholähteet

Power Line -testispesifikaation uudelleen tarkastelun lisäksi tarkoituksena oli tutkia markkinoilla olevien ohjelmoitavien AC -teholähteiden tarjonta mahdollista hankintaa varten.

6.3.2 Teholähteiden vaatimukset

Hankinta lähti käyntiin kartoittamalla vaatimukset, jotka teholähteen tulisi täyttää. Lähtökohtana oli, että teholähteellä pystyisi tekemään niin sanottuja hissitason testejä, jolloin syötettävänä kuormana olisi koko hissisähköistys. Tarkoituksena olisi pystyä syöttämään konehuoneettoman MonoSpace™ -hissin ja sitä teholuokaltaan pienempi tehoisia hissejä. Muiksi oleellisiksi asioiksi kirjattiin seuraavat asiat:

- jännitteen säädön pitää olla ns. tiukka vääristymien suhteen ja lähteellä pitää olla alhainen impedanssi
- teholähteen pitäisi pystyä käsittelemään korkeita syöksyvirtoja
- teholähteen vasteaika pitää olla nopea
- oikosulku- ja ylijännitesuojaus pitää olla olemassa
- huolto ja käytön tuki saatavilla.

Lisäksi teholähteessä tulisi olla suojaus sellaisia tilanteita vastaan, jolloin hissin moottori toimii generaattorina ja syöttää tehoa takaisin verkkoon, eli syöttävään teholähteeseen päin. Tilanne ei ole toivottava, mutta vikakytkentöjen tapahtuessa teholähde ei saisi rikkoontua kyseisessä tapauksessa.

Tämän työn aikana järjestettiin tapaamisia eri toimittajien, ja niiden edustajien kanssa. Laitteiden esittely ja niihin tutustuminen konkreettisesti antoi hyvän kuvan siitä, mitä kaikkea laitteilla pystytään tekemään.

6.4 Saatavilla olevat teholähteet

Teholähteiden tarjontaa tutkiessa selvisi, että 15 kVA teholuokan teholähteiden valikoima oli kohtalaisen suppea, niillä alustavilla vaatimuksilla, jotka olivat hankinnalle asetettu. Merkittävimmät vaihtoehdot ovat lyhyesti esitelty alla. Laajemmin on esitelty California Instruments 150003-iX-400 -teholähde, koska se osoittautui sopivimmaksi vaihtoehdoksi.

6.4.1 SMARTWAVE™-teholähde

Sorensen, Elgar & Power Ten Brands:n edustama SmartWave SW5250A ohjelmoitava 3 ~ teholähde on nimellisteholtaan 15,8 kVA. Sen jokaisen vaiheen aaltomuoto on erikseen mielivaltaisesti ohjelmoitavissa.

6.4.2 CHROMA -teholähde

Chroma 6500 -sarjan ohjelmoitava teholähde on nimellisteholtaan 12 kVA, eli hieman alle vaaditun, mutta ominaisuuksiltaan varsin vakuuttava teholähde. Sillä pystytään simuloimaan laaja valikoima erilaisia vaihtosähkö olosuhteita, luomaan harmonisia säröjä, lisäksi laite sisältää myös monipuoliset tehon mittaus- ja analysointi mahdollisuudet.

6.4.3 California Instruments -teholähde

California Instruments 150003-iX-400 (Kuva 11) on nimellisteholtaan 15 kVA:n laite. Sillä pystytään vaihtosähköulostuloon lisäämään tasajännitekomponentti. Tämä ominaisuus on olennaista sen vuoksi, että yleisesti tasasuuntaajat ja elektroniset ohjauslaitteet synnyttävät jännitteeseen tasakomponentteja. Jos tasakomponenttien taso pysyy alhaisena, niiden merkitys käytännössä on vähäinen. Jos taas tasakomponenttien taso nousee jostain syystä liian korkeaksi, tästä voi seurauksena olla esimerkiksi muuntajan vaurioituminen, toimintahäiriö maavikaa ilmaisevissa kytkimissä, tai muissa virtaherkissä piireissä. On myös havaittu, että korroosio liitoksissa voi olla seurausta korkeasta tasajännitekomponentista.



Kuva 11. California Instruments:n AC/DC –teholähde [8]

7 YHTEENVETO

Sähköalan tärkein tehtävä on toimintavarmuus ja sitä kautta sähkönsyötön varmistaminen teollisuuden ja kotitalouksien käyttötarpeisiin. Sähkön laadusta puhuttaessa syntyy helposti ajatuksia siitä, millaisia sähkölaitteet tulevaisuudessa ovat, eli voitaisiinko laitteet suunnitella ja valmistaa niin, että ne eivät olisi alttiita esim. jännitteen tai taajuuden vaihteluille. Näyttää kuitenkin siltä, että tähän ei ainakaan lähitulevaisuudessa päästä. Sähköjärjestelmän syöttö- ja muut häiriöt ovat usein sattumanvaraisia tapahtumia, joiden rajaamista on hankala hallita ihmisen toimenpiteillä. Jokainen häiriötilanne paljastaa esiintymishetkellään järjestelmän heikoimman kohdan. Ongelmia pitäisi pystyä rajaamaan entistä paremmalla suunnittelulla. Tämä tarkoittaa sitä, että sähköjärjestelmän pulmallisuutta voitaisiin hallita siten, että ongelmat voitaisiin ennustaa ja ennalta ehkäistä, tai rajata, ennen kuin niistä tulee liian suuria. Toisaalta voidaan myös ajatella niin, että sähkötekniset laitteet ja systeemit ovat tulevaisuudessa kehittyneet niin pitkälle, että ne sietävät häiriöitä paremmin. Tällä hetkellä suuntaus edelliseen ei ole näköpiirissä.

Sähkön laatuun vaikuttaa monesti enemmän sähkönkäyttäjä, kuin sen tuottaja tai sähköntoimittaja. Tämä sähkön erityispiirre on hyvä ottaa huomioon, tarkasteltaessa sähkölaitteessa, tai -laitteistoissa esiintyviä vikoja. On selvää, että näissä tapauksissa asiakas on sähkön toimittajan kanssa oleellinen yhteistyökumppani tarkoituksena ylläpitää sähkön laatua.

KONE Oyj:n tuotekehitysosaston luotettavuuslaboratorion tehtävänä on mm. varmistua siitä, että sillä on käytössään parhaat testausfilosofiat, -työkalut, -menetelmät ja voimavarat varmistamaan johdonmukaisesti hyödylliset testit. Osana tähän kuuluu Power Line -testaus, jota tässä työssä on arvioitu. Sen tarkoituksena on auttaa varmistumaan siitä, että tuotteet toimivat maailmalla myös haasteellisissa olosuhteissa.

Käytössä oleva Power Line -testi on hyvä perustason testi hissi sähköistyksille. Se kattaa kohtalaisella tarkkuudella laitteen perusedellytykset toimia sähköverkon vallitsevissa olosuhteissa. Ongelman aiheuttaa poikkeukselliset olosuhteet, joihin on ennalta vaikea varautua. Haasteen uuden testiohjelman luomiseksi muodostaa kenttämittausten ja

tulosten vähyys. Sähköverkon vaihtelevat ominaisuudet pitäisi tuntea, jotta niihin olisi mahdollista varautua tuotteen suunnittelussa.

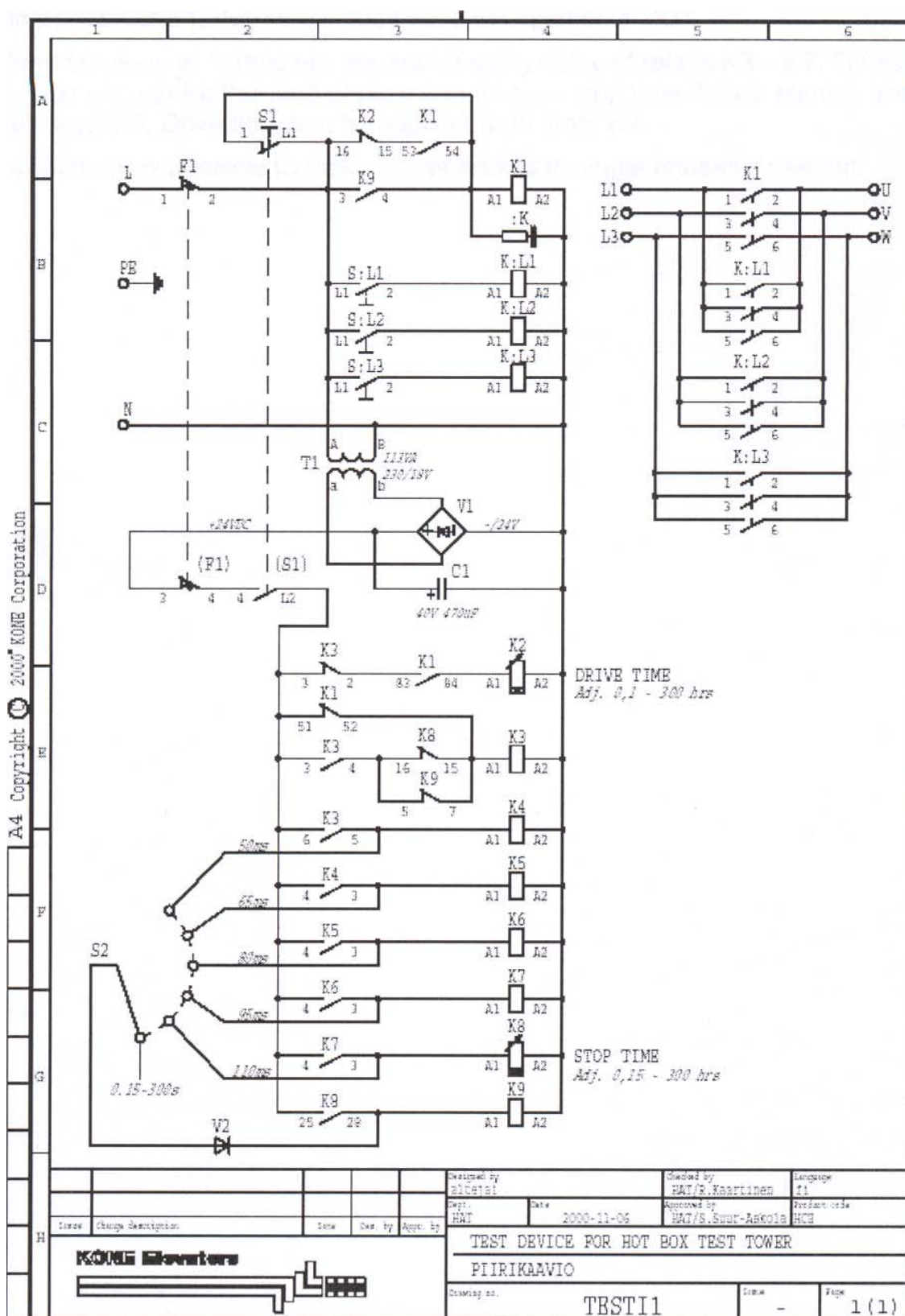
Uusi Power Line -testiohjelma on käynyt ensimmäisellä kommenttikierroksella yrityksen sisällä. Palautteen perusteella siihen lisätään ja tarkennetaan joitain kohtia. Lisäksi Power Line -testiraporttipohjan ensimmäinen versio on valmis. Power Line -testauksen merkitys tulevaisuudessa tulee lisääntymään merkittävästi kasvavien toimitusmäärien johdosta Aasiaan ja Intian alueille. Näiden alueiden sähköverkkojen tuntemus olisi olennaista, jotta hissisähköistyksille tehtävillä testeillä pystyttäisiin varmistumaan siitä, että hissit toimisivat moitteettomasti asiakkailla.

Sähkön huonosta laadusta johtuvien ongelmien selvittäminen asiakaskohteissa, perussyiden määrittäminen ja mitatun datan analysointi ovat tulevaisuuden haasteita, joihin on pystyttävä vastaamaan kehittämällä testausmenetelmiä ja tiedon oikeanlaista keräämistä oikeista kenttäolosuhteista.

LÄHTEET

- [1] Harjula Mikko. *Sähkön laatu ja sen mittaus*. Seminaarityö. LTKK / Sähkötekniikan osasto. 2003.
- [2] ABB:n TTT -käsikirja 2000-07. Luku 4:Sähkön laatu
- [3] Suur-Askola Seppo, Kaartinen Raimo, *Power Line Test Specification*. 23.11.2004. KONE Reliability Laboratory.
- [4] Alanen Raili, Hätönen Hannu. *Sähkön laadun ja jakelun luotettavuuden hallinta* 05/2006. ISBN 951-38-6604-1
- [5] SFS-EN 50160 Standardi
- [6] Bollen Math H.J, *Understanding Power Quality Problems: Voltage sags and interruptions*, ISBN 0-7803-4713-7
- [7] Dugan Roger C., McGranaghan Mark F., Santoso Surya, H. Beaty Wayne. *Electrical Power Systems Quality*, ISBN 0-07-138622-X Second Edition.
- [8] www.californiainstruments.com
- [9] Fluke, *Power quality in industrial applications* [DVD]
- [10] Pikkarainen Marko. *Muuttuneista kuormituksista aiheutuvat sähkön laadun ongelmat sekä niiden arviointi ja mittaaminen*. Diplomityö. TTY / Sähkötekniikan koulutusohjelma. 2009.
- [11] Etto J. *Prosessisähköistyksen kunnossapito*. Kunnossapito 6/98 Nro 48. 1998.

Jännitekatkojan piirikaavio



California Instrumentsin AC/DC tehölähteen ominaisuudet

iX Series - Specifications¹

Operating Modes

AC, DC or AC + DC

AC Mode Output

Frequency

16.00 Hz - 500.0 Hz

Power

Maximum AC power per phase
at full scale voltage:

| Model: | Power |
|----------------|---------------|
| 3001iX | 3000 VA |
| 5001iX | 5000 VA |
| 10001iX | 10000 VA |
| 15001iX | 15000 VA |
| 15003iX | 5000 VA/ø 3ø |
| (with mode-iX) | 15000 VA/ø 1ø |

Power Factor

0 to unity at full output VA

AC Voltage

Ranges User selectable
voltage range pairs:

| Range: | Low | High |
|----------|-------|-------|
| Max Vrms | 135 V | 270 V |
| Max Vrms | 150 V | 300 V |

Load Regulation

± 0.5% DC to 100 Hz
 ± 0.6 % 100 Hz to 500 Hz in high
 voltage range
 ± 2.2 % 100 Hz to 500 Hz in low
 voltage range

Line Regulation < ± 0.1% for 10
% line changeOutput Noise < 250 mV_{rms} typ.
(20 kHz to 1 MHz) < 500 mV_{rms} max.

Harmonic Distortion (linear load)

Less than 1% from 16 - 66 Hz

Less than 2% at 400 Hz

DC Offset < 20 mV

External Modulation

depth: 0 - 10 %

Isolation Voltage

300 V_{rms} output to chassis

AC Current

Peak Repetitive AC Current

| Model | High range | Low range |
|------------|---------------|--------------|
| 3001iX | 96.0 | 110.0 |
| 5001iX | 96.0 | 110.0 |
| 10001iX | 192.0 | 220.0 |
| 15001iX | 288.0 | 330.0 |
| 15003iX 1ø | 288.0 | 330.0 |
| 3ø | 96.0 | 110.0 |

AC Current

Steady State AC Current

| Model | 270 V range | 135 V range |
|------------|----------------|----------------|
| 3001iX | 11.1 | 22.2 |
| 5001iX | 18.5 | 37.0 |
| 10001iX | 37.0 | 74.0 |
| 15001iX | 55.5 | 111.0 |
| 15003iX 1ø | 55.5 | 111.0 |
| 3ø | 18.5 | 37.0 |

| Model | 300 V range | 150 V range |
|------------|----------------|----------------|
| 3001iX | 10.0 | 20.0 |
| 5001iX | 16.7 | 33.3 |
| 10001iX | 33.3 | 66.7 |
| 15001iX | 50.0 | 100.0 |
| 15003iX 1ø | 50.0 | 100.0 |
| 3ø | 16.7 | 33.3 |

Programming Accuracy

Voltage (rms): ± 0.5 % of range,
16 to 400 Hz

Frequency: ± 0.01 % of

programmed value.

Current Limit: - 0 % to + 7 % of
programmed value + 0.5 A.Phase: < 1.5° with
balanced load @ 50/60 Hz.

Programming Resolution

Voltage (rms): 100 mV

Frequency:

0.01 Hz from 16 Hz to 81.91 Hz

0.1 Hz from 82.0 Hz to 500.0 Hz

Current Limit:

0.1 A for 5001iX and 15003iX.

1.0 A for 10001iX and 15001iX.

Phase: 0.1°

Standard Measurements (5001iX)

| Parameter | Range | Accuracy* (±) | | Resolution* |
|-----------------|------------------|-----------------|--------------|-------------|
| AC Measurements | | | | |
| Frequency | 16.00 - 500.0 Hz | 0.01% + 0.01 Hz | | 0.01 Hz |
| | | < 100 Hz | 100 - 500 Hz | |
| RMS Voltage | 0 - 330 V | 50 mV | 100 mV | 10 mV |
| RMS Current | 0 - 40 A | 50 mA | 100 mA | 1 mA |
| Peak Current | 0 - 119 A | 50 mA | 100 mA | 1 mA |
| Crest Factor | 0.000 - 6.000 | 0.05 | 0.05 | 0.01 |
| Real Power | 0 - 6 kW | 5 W | 5 W | 1 W |
| Apparent Power | 0 - 6 kVA | 10 VA | 20 VA | 1 VA |
| Power Factor | 0.00 - 1.00 | 0.01 | 0.01 | 0.01 |
| DC Measurements | | | | |
| DC Voltage | 0 - 420 V | 500 mV | | 10 mV |
| DC Current | 0 - 120 A | 500 mA | | 1 mA |
| Power | 0 - 6 kW | 50 W | | 1 W |

* Measurement system bandwidth = DC to 19.5 kHz. Accuracy specifications are valid above 100 counts. Current and Power Accuracy specifications are times two for 10001iX and times three for 15001iX. For 10001iX and 15001iX, resolution decreases by factor of 10, ranges for current and power increases by factor of three.

Harmonics Measurements

| Parameter | Range | Accuracy* (±) | Resolution |
|-------------|---------------------|----------------------------|------------|
| Frequency | | | |
| Fundamental | 16.00-500.0 Hz | 0.01% + 0.01 Hz | 0.01 Hz |
| Harmonics | 32.00 Hz - 19.5 kHz | | 0.01 Hz |
| Phase | 0.0 - 360.0° | 2° typ. | 0.5° |
| Voltage | Fundamental | 250 mV | 10 mV |
| | Harmonics 2 - 50 | 0.1% + 250 mV/0.1% /1 kHz | 10 mV |
| Current | Fundamental | 50 mA | 10 mA |
| | Harmonics 2 - 50 | 0.1% + 50 mA + 0.1% /1 kHz | 10 mA |

* Accuracy specifications are valid above 100 counts. Accuracy specifications are times three for three phase mode. Harmonics frequency range in three phase mode is 32 Hz - 6.67 kHz. Resolution decreases by factor of 10 for 10001iX and 15001iX.

California Instrumentsin AC/DC tehollähteen ominaisuudet

iX Series - Specifications¹**Output Relay**

Push button controlled or bus controlled output relay

Output impedance

Programmable Z on 3001iX, 5001iX and 15003iX for 50 Hz fundamental

Resistive:

range 17 - 1000 mΩ
resolution 4 mΩ
accuracy 2 % FS

Inductive:

range 230 - 1000 μH
resolution 4 μH
accuracy 2 % FS

DC Mode Output

Maximum DC power at full scale of DC voltage range:

| Model: | Power |
|---------|----------------------------|
| 3001iX | 1500 W |
| 5001iX | 2500 W |
| 10001iX | 5000 W |
| 15001iX | 7500 W |
| 15003iX | 2500 W/ø 3ø 7500 W/ø 1ø |

Voltage Ranges

User selectable voltage range combinations:

| Range: | High | Low |
|--------|-------|-------|
| | 270 V | 135 V |
| | 300 V | 150 V |

Load Regulation see AC mode

Line Regulation see AC mode

Output Noise < 250 mV_{rms} Typ
(20 kHz to 1 MHz) < 500 mV_{rms} Max

Max. DC Current Capability

Maximum DC current in lowest DC range pair:

| Model | 270 range | 135 range |
|------------|-----------|-----------|
| 3001iX | 5.65 | 11.1 |
| 5001iX | 9.25 | 18.5 |
| 10001iX | 18.5 | 37.0 |
| 15001iX | 27.75 | 55.5 |
| 15003iX 1ø | 27.75 | 55.5 |
| 3ø | 9.25 | 18.5 |

Current Limit Programmable from 0 A to max. current for selected range.

AC + DC Mode Output**Power**

Full AC power if DC component is less than 20 % of full scale voltage. Full DC power if DC component is above 20 %.

System**Non Volatile Memory storage**

16 complete instrument setups
200 user defined waveforms

Waveforms**Waveform Types**

- Sine
- Square
- Clipped Sine, 0 - 20 % THD
- User defined

User defined waveform storage

Four groups of 50 user defined arbitrary waveforms of 1024 points for a total of 200. One group can be active at a time.

Transient Programming**Transient Types**

Voltage: drop, step, sag, surge, sweep
Frequency: step, sag, surge, sweep
Voltage and Frequency: step, sweep

Transient List Parameters:

Voltage, Frequency, Time or cycles, Slew rate, Waveform shape, Phase angle, Repeat

Transient lists storage

up to 32 transient steps per list

Time resolution 1 msec

Time range 1 msec - 9999 sec

Maximum slew rate

50 μsec for 10% to 90% of full scale change into resistive load

Waveform Acquisition**Channels**

Voltage and Current for each phase.

Memory Depth

4096 samples/channel.

Maximum Sample Rate

39.0625 Ks/s.

Triggering

Auto, Phase, Transient.

Trigger Delay

Pre-trigger 0 - 104 msec 1ø
0 - 312 msec 3ø

Post-trigger 0 - 1000 msec.

Display

Front panel Graphics Display with cursors.

Bus Interface

Full bus access to waveform acquisition system.

Remote Control**IEEE-488 Interface**

IEEE-488 (GPIB) talker listener.

Subset:

AH1, C0, DC1, DT1, L3, PP0,

RL2, SH1, SR1, T6

IEEE-488.2 SCPI Syntax

RS232C Interface

9 pin D-shell connector

Handshake: CTS, RTS

Databits: 7,8

Stopbits: 1,2

Baud rate: 9600, 19200, 38400

IEEE-488.2 SCPI Syntax

Supplied with RS232C cable

System Interface

Inputs: Remote shutdown
External Sync

Outputs: Function Strobe

AC Input**Voltage****Model 3001iX:**

187 - 264 V_{AC} (L-N, 1 Phase)

All other models:

Standard:

187 - 264 V_{AC} (L-L, 3 Phase)

Option -400:

360 - 528 V_{AC} (L-L, 3 Phase)

(Input range must be specified when ordering)

Current**Input Line Current (per phase)**

| Model: | 187-264V | 360-528V |
|---------|----------|----------|
| 3001iX | 30 A | N/A |
| 5001iX | 24 A | 12 A |
| 10001iX | 48 A | 24 A |
| 15001iX | 72 A | 36 A |
| 15003iX | 72 A | 36 A |

Inrush Current per chassis

< 14 A rms. / 84 A_{peak} for 200 μs

@ 187-264 V

< 8 A rms. / 36 A_{peak} for 400 μs

@ 360-528 V

Line Frequency: 47 - 63 Hz

Efficiency: 75 % typical

Power Factor: 0.6 typical

Hold-up Time: At least 10 ms

Note 1: Specifications are warranted over an ambient temperature range of 25°± 5° C. Unless otherwise noted, specifications are per phase for a sine wave with a resistive load and apply after a 30 minute warm-up period.

California Instrumentsin AC/DC tehollähteen ominaisuudet

iX Series - Specifications

Protection

Over Load

Constant Current or Constant Voltage mode

Over Temperature

Automatic shutdown

Regulatory

IEC1010, CSA22.2 No. 231, EN50081-2, EN50082-2 CE EMC and Safety Mark requirements

RFI Suppression

CISPR 11, Group1, Class A

Rear Panel Connectors

- AC Input terminal block with cover
- AC output terminal block with cover
- IEEE-488 (GPIB) connector
- 9 pin D-Shell RS232C connector*
- Remote voltage sense terminal block
- System Interface Connector

(*RS232 DB9 to DB9 cable supplied)

Physical

Dimensions per 5001iX unit

Height : 7" (178 mm)
Width : 19" (483 mm)
Depth : 24" (610 mm)
(Depth includes rear panel connectors)

Weight per 5001iX chassis

61 lbs / 28 Kg net
80 lbs / 36 Kg shipping

Vibration and Shock

Designed to meet NSTA project 1A transportation levels

Air Intake/Exhaust

Forced air cooling, side air intake, rear exhaust

Operating Humidity

0 to 95 % RAH, non condensing.

Operating Temperature

0 to 40° C

Storage Temperature

-40 to +85° C

Ordering Information

| Model | Line input |
|--------------|-----------------------------|
| 3001iX | 208 V _{AC} L-L, 1ø |
| 5001iX | 208 V _{AC} L-L, 3ø |
| 5001iX -400 | 400 V _{AC} L-L, 3ø |
| 10001iX | 208 V _{AC} L-L, 3ø |
| 10001iX -400 | 400 V _{AC} L-L, 3ø |
| 15001iX | 208 V _{AC} L-L, 3ø |
| 15001iX -400 | 400 V _{AC} L-L, 3ø |
| 15003iX | 208 V _{AC} L-L, 3ø |
| 15003iX -400 | 400 V _{AC} L-L, 3ø |

Supplied with

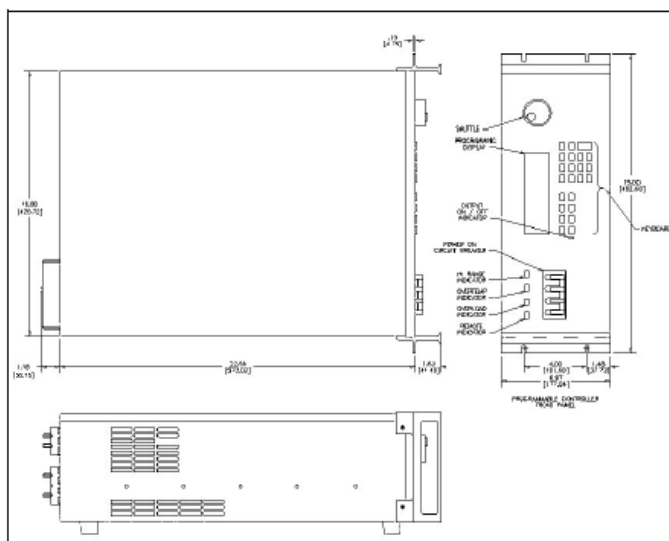
- User manual
- SCPI programming manual
- Rack mount handles
- Windows® Graphical User Interface software
- RS232C Serial cable

Options

| | |
|----------|--|
| -Mode-iX | Switches between 1 and 3 phase modes, for 15003iX only. |
| -704 | Mil Std 704D test firmware |
| -160 | RTCA/DO-160C test firmware |
| -411 | IEC 1000-4-11 test firmware |
| -413 | IEC 1000-4-13 Harmonics and Interharmonics test |
| -EOS-1 | IEC 1000-4-11 Electronic Output Switch (1 phase) |
| -EOS-3 | IEC 1000-4-11 Electronic Output Switch (3 phase) |
| -LNS | Line Sync. Synchronizes output frequency to line input frequency |
| -RMS | Rack mount slides |

Customer Support

For technical support and service, or to discuss your AC power application needs, contact California Instruments Corp. or your local representative.



3001iX/5001iX Dimensions - single chassis

Contact California Instruments:
Toll-Free: 800-4AC-POWER
800-422-7693
FAX: 858-677-0940
Email: sales@calinst.com
Web page: http://www.calinst.com

California Instruments

9689 Towne Centre Drive, San Diego CA, 92121-1964
 ©Copyright 1997, California Instruments Corp.

(858) 677-9040

Specifications subject to change without notice

FAX : (858) 677-0940

Printed in the USA. iXSDS 3/98

Fluke RPM –analysaattorin ominaisuudet



Portable power recorders

Specifications

| Number of channels: 9 (4 voltage, 5 current) | | | | |
|--|----------------------------------|---|----------------|---|
| Function | Range | Sampling rate | Resolution | Accuracy ±(% of reading + floor) |
| Voltage (phases) | 100 mV - 600 Vrms 1000 V peak | 6.4 kS/s ¹ or 2Ms/s ² | 14 bits, 90 mV | ± (1.5% + 0.5 V) over entire range |
| Voltage (neutral) | 10 mV- 70 Vrms 100 V peak | 6.4 kS/s ¹ or 2Ms/s ² | 14 bits, 90 mV | ± (1.5% + 0.5 V) over entire range |
| Current | Depends upon CT | 6.4 kS/s ¹ | 14 bits | ± (0. % + 0.1% of probe range + probe uncertainty) |
| Transient capture | 200 - 1000 V peak | 6.4 kS/s ¹ | 10 bits, 12 V | ± (5% + 36 V) over entire range |
| High-speed transient capture | 200 - 6400 V peak | 2 MS/s | 10 bits, 12 V | ± (5% + 36 V) over entire range |

1) 50 Hz line frequency
2) For high speed models

Nominal fundamental frequency: 50/60 Hz ± 0.1 Hz
Voltage and current sampling: 128 samples per cycle

Electrical

Safety conformance: IEC61010-1 CAT III 600 V
Operating voltages: 85-264 VAC, 47 - 440 Hz;
10 - 15 V DC with 4255 optional cable
Power consumption: 40 W
Backup power: NiCd battery recharges
automatically while line power is applied.
Power the instrument for 5 minutes after power
is removed and allows controlled shutdown of
monitor. Monitoring resumes after power is
restored.

Mechanical

Enclosure: rugged, aluminum casing
Size: 21.25 cm x 30 cm x 7.5 cm
Weight: 6 kg
Operating temperature: 0 ° - 50 °C
90% RH non-condensing

Standards:

Measurements: IEC 61000-4-30 class B
using cycle based techniques
Power Quality: EN50160
Flicker: EN 60868

Communication:

10-base T Ethernet, RJ 45 connector or via
Internet

Included accessories

All units include user manual, line cord, 5
voltage leads and 5 alligator clips, Ethernet
cable, socket-socket adapter, and 60 cm
cross-over cable.

Warranty:

1 year

Fluke RPM –analysaattorin virtakahvat

Fluke power quality current transformers



3300 Clamp-on current transformer



3120R Clamp-on current transformer



3210/RPM Flexi-CT

Fluke power quality current transformers (CTs) are specially designed to work seamlessly with the Power Recorders. All Clamp-on and Flexi-CTs are matched to take full advantage of your instrument's ability to set scale factors for accurate readings.

Clamp-on current transformers

| Model No. | CT Type | Current range | Accuracy | Frequency response | Jaw opening |
|-----------|----------|---------------|---------------------|--------------------|-------------|
| 3005R | Clamp-on | 0.01-5A | 1% RDG +/- 0.5% FS | 5 kHz | 2 cm |
| 3014R | Clamp-on | 0.1 – 40 A | 1% RDG +/- 0.1% FS | 5 kHz | 2 cm |
| 3120R | Clamp-on | 0.5 – 200 A | 1% RDG +/- 0.3% FS | 5 kHz | 2 cm |
| 3100R | Clamp-on | 1 – 1000 A | 1% RDG +/- 0.05% FS | 5 kHz | 5 cm |
| 3300R | Clamp-on | 10 – 3000 A | 2% RDG +/- 0.5% FS | 5 kHz | 2 cm |

Flexi-CT™ Flexible current transformers

| Model No. | CT Type | Current range | Accuracy | Frequency response | Jaw opening |
|-----------|----------|---------------|---------------------|--------------------|-------------|
| 3110/RPM | Flexi-CT | 2 – 100 A | 1% RDG +/- 0.5% FS | 7 kHz | 60 cm |
| 3112/RPM | Flexi-CT | 2 – 100 A | 1% RDG +/- 0.5% FS | 7 kHz | 120 cm |
| 3210/RPM | Flexi-CT | 20 – 1000 A | 1% RDG +/- 0.15% FS | 7 kHz | 60 cm |
| 3210/RPM | Flexi-CT | 20 – 1000 A | 1% RDG +/- 0.15% FS | 7 kHz | 120 cm |
| 3310/RPM | Flexi-CT | 100 – 5000 A | 1% RDG +/- 0.15% FS | 7 kHz | 60 cm |
| 3312/RPM | Flexi-CT | 100 – 5000 A | 1% RDG +/- 0.15% FS | 7 kHz | 120 cm |

Interface and extension cables

| Model No. | CT Type | Current range | Frequency response |
|-----------|-------------|---|--------------------|
| 3570/RPM | CT cable | Connects clamp-on style CT to Power Recorder | 2.5 m |
| 3533/RPM | Pod adapter | Connects flexible CT to hostile enclosure current pod | |

Fluke. Keeping your world up and running.

Fluke RPM –analysaattorin mittausparametrit

Appendix I. Power Recorder (PR) Specifications

Measurement Parameters

Voltage

Five (5) Channels:

Channels 1 - 3 (generally used for phase conductor measurements)

Input: 100 millivolts to 1000 Volts peak (707 volts RMS max.)
Accuracy: $\pm 1\%$ of full scale. (typically 0.5%)
Impulses: 100 volts peak to 6400 Volts peak $\pm 2\%$ of full scale.
Impedance: 2 megohms to ground
Capacitance: < 30 pf
Frequency: 60/50 Hz ± 0.1 Hz

Channel 4 (for neutral conductor measurements)

Input: 10 millivolts to 100 Volts peak (70 volts RMS max.)
Accuracy: $\pm 1\%$ of full scale.
Impulses: 10 volts peak to 640 Volts peak $\pm 2\%$ of full scale.
Impedance: 200 kohms to ground
Capacitance: < 30 pf

Fluke RPM –analysaattorin mittausparametrit

Current**Five (5) Channels****Channels 6 - 10 (for current measurements with current clamp)**

| | | |
|--------------------------|--|---|
| Input: | Current Clamp Dependent | |
| Standard Configurations: | | 0.10 - 5.0 Amps RMS 0.10 - 40 Amps RMS 1.00 - 1000 Amps RMS 10.0 - 3000 Amps RMS |
| CT Accuracy: | | 5 Amp Clamp - 10mA to 5A: 2% |
| $\pm 1 \text{ mA}$ | | |
| 40 Amp Clamp - | | 10 mA to 40 A: 1.5% $\pm 2\text{mA}$ |
| 1000 Amp Clamp - | | 1 A: 10% of Reading 50 A: 0.7% of Reading 200 A: 0.6% of Reading 1000 A: 0.5% of Reading |
| 3000 Amp Clamp | | 150A: 1.5% of Reading 600A: 0.75% of Reading 3000A: 0.5% of Reading |
| Accuracy: | $\pm 0.1\%$ of full scale (plus CT accuracy) | |

Sampling

Voltage and current wave-forms are sampled with a 14 bit analog to digital converter at a rate providing 128 sampled points per cycle at 50 and 60 Hz. Impulses are sampled using a 10 bit analog to digital converter at a software selected rate of 2 million times per second.

Power Requirements

85 - 264 Vrms, 47 - 440 Hz
10 - 15 VDC with optional DC power cable
47 VA Max.

Dimensions

Size: 8.5" x 11" x 3.5"
Weight: 13.5 pounds

Environmental Requirements

Operating: 0° C to 50° C
Humidity: Weatherproof
Storage: -20° C to 60° C

Sähkön laatuun ja sen mittaamiseen liittyviä kansainvälisiä ja eurooppalaisia standardeja.[2, s. 13]

| IEC | CENELEC | SFS | Standardin sisältö |
|----------------------------|--------------|------------------|---|
| IEC 60050(301) | | | Sähkön mittaukseen liittyviä yleisiä käsitteitä |
| | EN 50160 | SFS-EN 50160 | Yleisen jakeluverkon jakelujännitteen ominaisuudet |
| IEC 60060 | EN 60060 | SFS-EN 60060 | Suurjännitetestaustekniikat |
| IEC 60068 | EN 60068 | SFS-EN 60068 | Ympäristötestaus |
| IEC 60085 | | | Sähköisen eristeen terminen arviointi ja luokittelu |
| IEC 60186 ja IEC 60186A | | | Jännitemuuntajat |
| IEC 60255 | EN 60255 | SFS-EN 60255 | Apureleet |
| IEC 60529 | EN 60529 | SFS-EN 60529 | Sähkölaitteiden kotelointiluokat (IP-koodi) |
| IEC 60695 | EN 60695 | SFS-EN 60695 | Palavuustestaus |
| IEC 60868 | EN 60868 | SFS-EN 60868 | Välkyntämittaus |
| Amendment 1 | | | |
| IEC 60801-2 | EN 60801-2 | SFS-EN 60801-2 | Sähköstaattisiin purkauksiin liittyvät vaatimukset |
| IEC 61000 | | | Sähkömagneettinen yhteensopivuus |
| IEC 61000-1 | | | Yleistä sähkömagneettisesta yhteensopivuudesta |
| IEC 61000-1-1 | | | Peruskäsitteiden soveltaminen ja tulkinta |
| IEC 61000-2 | | | Sähkömagneettinen ympäristö |
| IEC 61000-2-1 | | | Sähkömagneettinen ympäristö sähkönjakelujärjestelmässä, erilaiset häiriötyypit |
| IEC 61000-3 | | | Häiriöiden päästörajat |
| IEC 61000-4 | | | Häiriönsietotestaus ja häiriöiden mittaaminen |
| IEC 61000-4-7 | EN 61000-4-7 | SFS-EN 61000-4-7 | Yleisiä ohjeita harmonisten ja epäharmonisten yliaaltojen mittaamiseen sekä sähkönjakelujärjestelmien ja niihin liittyvien laitteiden instrumentointiin |
| IEC 61036 | EN 61036 | SFS-EN 61036 | Staattiset pätöenergiamittarit (luokat 1 ja 2) |
| CISPR 22 | EN 55022 | SFS-EN 55022 | Tietotekniikan laitteiden radiohäiriöiden raja-arvot ja mittaamenetelmät |

Sähkön laatuun ja sen mittaamiseen liittyviä ANSI / IEEE -standardeja. [2, s.14]

| | |
|------------------------|---|
| ANSI/IEEE C57.110-1986 | Suosittelut käytäntö muuntajan tehonsyöttökyvyn määrittämisessä epäsinimuotoisilla kuormitusvirroilla |
| IEEE Std 1159 -1995 | Suosittelut käytäntö sähkön laadun seurannassa |
| IEEE Std 519 -1992 | Suosittelut käytäntö ja vaatimukset sähköjärjestelmien harmonisten hallinnassa |
| IEEE Std 141-1993 | Suosittelut käytäntö teollisuuslaitosten sähkönjakelussa |
| IEEE Std 446 -1987 | Suosittelut käytäntö teollisuuden ja kaupan hätä- ja varavoimajärjestelmistä |

